

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

Ana Lovrić

Split, 2015.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Ana Lovrić

**Hidrološka analiza protoka odabranih postaja u
slivu Save (Sava, Una; razdoblje 2009.-2011.)**

Diplomski rad

Split, 2015.

Hidrološka analiza protoka odabranih postaja u slivu Save (Sava, Una; razdoblje 2009.-2011.)

Sažetak:

U ovom radu će se izvršiti hidrološka analiza protoka na pet mjernih stanica na rijeci Savi i na dvije mjerne stanice na rijeci Uni na temelju podataka o srednjim dnevnim protocima za 2009.-2011. godinu. Za navedene mjerne stanice će se izvesti hidrološka analiza koja obuhvaća statističku analizu podataka te izradu hidrograma otjecanja, krivulja trajanja, krivulja trajanja u modulnim koeficijentima, krivulja trajanja kao alat za kvalitetu podataka, krivulja recesije dvijema metodama te korelaciju.

Ključne riječi:

rijeka Sava, rijeka Una, mjerna stanica, Zagreb, Jasenovac, Mačkovac, Slavonski Brod, Županja, Dubica, Kostajnica, protok, hidrogram, krivulja trajanja, krivulja recesije, koeficijent recesije, korelacija.

Hydrological analysis of the flow of selected stations in the Sava River Basin (Sava, Una; period 2009.-2011.)

Abstract:

In this thesis, hydrological analysis of flow for five measuring stations on Sava river and for two measuring stations on Una river basis of the mean daily flow rates for the years 2009. to 2011., will be performed. Hydrological analysis includes statistical data analysis and preparation of runoff hydrograph, duration curve, duration curve in modular coefficients, duration curve as a tool for data quality, recession curves done with two methods and correlation.

Keywords:

river Sava, river Una, measuring station, Zagreb, Jasenovac, Mačkovac, Slavonski Brod, Županja, Dubica, Kostajnica, flow, hydrograph, duration curves, recession curves, recession coefficient, correlation.

SVEUČILIŠTE U SPLITU

FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ: DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA

KANDIDAT: Ana Lovrić

BROJ INDEKSA: 463

KATEDRA: Katedra za hidrologiju

PREDMET: Inženjerska hidrologija

ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Tema: hidrološka analiza protoka rijeke Save i rijeke Une na sedam mjernih stanica.

Opis zadatka: Na temelju izmjerenih vrijednosti dnevnih protoka na pet mjernih stanica na rijeci Savi i dvije mjerne stanice na rijeci Uni na području Republike Hrvatske u razdoblju od 2009. do 2011. godine, potrebno je izvršiti hidrološku analizu. Za raspoložive podatke je potrebno odrediti hidrogram otjecanja, zatim krivulje trajanja s karakterističnim vrijednostima protoka, krivulje trajanja u modulnim koeficijentima te krivulje trajanja kao alat za provjeru kvalitete podataka. Zatim je potrebno izdvojiti razdoblja recesije hidrograma, odrediti krivulju pražnjenja “matching strip” i “tabulation” metodom te koeficijente recesije. Za kraj je potrebno odrediti korelaciju između srednjih dnevnih protoka.

U Splitu, 17.07.2015.

Voditelj diplomskog rada:

Prof. dr. sc. Vesna Denić – Jukić

Predsjednik Povjerenstva za završne
i diplomske ispite:

Prof. dr. sc. Ivica Boko

Zahvaljujem se mentorici prof. dr. sc. Vesni Denić-Jukić.

Hvala svima koji su mi bili podrška tijekom studiranja.

Hvala dragom Bogu na blagoslovu i zdravlju.

Rad posvećujem roditeljima i braći.

SADRŽAJ

1.	UVOD	1
2.	SLIV RIJEKE SAVE.....	2
2.1.	Karakteristike slivnog područja rijeke Save	2
2.2.	Geološka i hidrogeološka obilježja sliva rijeke Save	6
2.3.	Karakteristike rijeke Une	9
3.	MJERNE STANICE	10
3.1.	Mjerna stanica „Zagreb“	11
3.2.	Mjerna stanica „Jasenovac“	13
3.3.	Mjerna stanica „Mačkovac“	15
3.4.	Mjerna stanica „Slavonski Brod“	17
3.5.	Mjerna stanica „Županja“	19
3.6.	Mjerna stanica „Hrvatska Dubica“	21
3.7.	Mjerna stanica „Kostajnica“	23
4.	HIDROGRAM PROTOKA	26
4.1.	Protok	26
4.2.	Hidrogram protoka	29
5.	KRIVULJA TRAJANJA PROTOKA	41
5.1.	Konstruiranje krivulje trajanja protoka	42
5.2.	Krivulja trajanja protoka u modulnim koeficijentima	54
5.3.	Korištenje krivulje trajanja protoka kao alat za provjeru kvalitete podataka	59
6.	ANALIZA KRIVULJE RECESIJE	65
6.1.	Recesijska krivulja hidrograma i Maillet-ova jednadžba istjecanja	65
6.2.	Konstrukcija krivulje recesije „matching strip“ metodom i „tabulation“ metodom	69
7.	KORELACIJA	97
8.	ZAKLJUČAK.....	107
9.	LITERATURA.....	109
10.	PRILOZI.....	110
10.1.	Prilog 1	110

1. UVOD

Hrvatska se ubraja u skupinu vodom relativno bogatih zemlja. Voda je jedinstven i nezamjenjiv prirodni resurs ograničenih količina i neravnomjerne prostorne i vremenske raspodjele. Na Zemlji ima približno 1.4 milijarde km³ vode, ali od ukupe količine vode na Zemlji skoro 98% je slana voda, dok čovjek kao jedinka ovisi isključivo o slatkoj vodi. Čovjek može preživjeti s 5 litara vode dnevno, no današnja potrošnja vode po glavi stanovnika u većim gradovima seže i do 500 l vode dnevno, nerijetko i više. Stoga je potrebno da svako društvo, tako i Hrvatska, vodi brigu o politici i strategiji uređenja, korištenja i zaštite vodnih resursa.

U ovom diplomskom radu na temelju srednjih dnevnih protoka (Prilog 1) na pet mjernih stanica na rijeci Savi (Zagreb, Jasenovac, Mačkovac, Slavonski Brod i Županja) i na dvije mjerne stanice na rijeci Uni, koja je pritoka rijeke Save (Hrvatska Dubica i Kostajnica) vrši se hidrološka analiza. Tema ostavlja prostor za opsežna istraživanja i analize, ali u ovom radu analiziraju se samo protoci za 2009., 2010. i 2011. godinu na temelju kojih se odrede hidrografi protoka. Nakon toga su određene krivulje trajanja i međusobno su uspoređene za svaku mjernu stanicu. Zbog jednostavnije usporedbe krivulje su trajanja prikazane i u modulnim koeficijentima, ali i u polu-logaritamskom mjerilu kako bi se mogle koristiti kao alat za provjeru kvalitete samih podataka o protocima.

U radu je također napravljena i analiza recesije za svaku raspoloživu godinu i za svaku mjernu stanicu. Izdvojena su razdoblja recesije u trajanju od najmanje 10 dana za periode od lipnja do studenoga kada su za ovu klimu i ovo područje najveće potrebe za vodom. Konstruiranje krivulja pražnjenja vršeno je „matching strip“ i „tabulation“ metodama.

Na kraju rada izvršena je još jedna od statističkih analiza i usporedba podataka o protocima tj. korelacija među mjernim stanicama.

2. SLIV RIJEKE SAVE

2.1. Karakteristike slivnog područja rijeke Save

Rijeka Sava je jedna od tri najdulje rijeke u Hrvatskoj (940 km). Po dužini je treća, a po protoku najveća i najvodonosnija pritoka Dunava. Sliv rijeke Save najveći je sliv jugoistočne Europe, ukupne površine od približno 97.713,20 km² i s udjelom od 12% predstavlja jedan od najvažnijih podslivova u slivnom području rijeke Dunav. Rijeka Sava nastaje spajanjem Save Dolinke i Save Bohinjke u blizini Lancova u Sloveniji, a utječe u Dunav u Beogradu. Jednim dijelom čini riječnu granicu između Republike Hrvatske i Bosne i Hercegovine, a potom između Bosne i Hercegovine i Srbije.



Slika 2.1.: Slivna područja u Republici Hrvatskoj

Važniji pritoci od izvora prema ušću:

- lijevi - Savinja, Sutla, Krapina, Lonja, Orjava, Bosut
- desni - Ljubljanska, Krka, Kupa, Una, Jablanica, Vrbas, Ukrina, Bosna, Tinja, Drina (najveća i najvažnija pritoka), Kolubara.

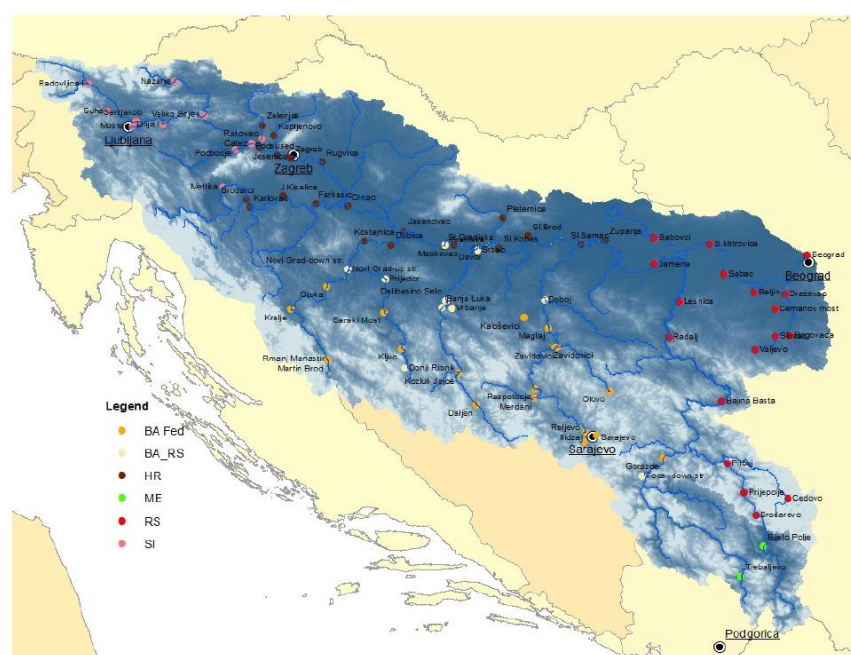
Zajedničko svojstvo skoro svih desnih pritoka rijeke Save je njihovo bujično ponašanje, posebno u njihovim gornjim tokovima (Una i Drina).

Područje sliva dijeli šest zemalja: Slovenija, Hrvatska, Bosna i Hercegovina, Srbija, Crna Gora i Albanija. Rijeka Sava ujedno povezuje tri glavna grada: Ljubljanu, Zagreb i Beograd, dok slivu Save pripada i Sarajevo.

	Republika Slovenija	Republika Hrvatska	Bosna i Hercegovina	Republika Srbija	Crna Gora	Republika Albanija
Ukupna površina zemlje (km ²)	20.273	56.542	51.129	88.361	12.812	27.398
Udio nacionalnog područja u slivu rijeke Save (%)	52,80	45,20	75,80	17,40	49,60	0,59
Područje zemlje u slivu rijeke Save (km ²)	11.734,80	25.373,50	38.349,10	15.147	6.929,80	179
Udio u međunarodnom slivu rijeke Save (%)	12,01	25,97	39,25	15,50	7,09	0,18

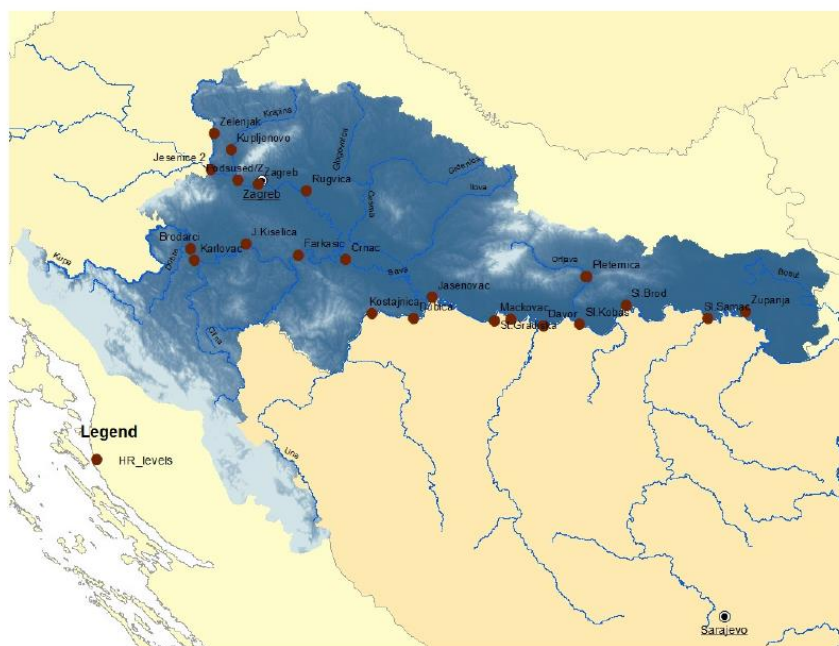
Tablica 2.1.: Sastav sliva rijeke Save

Širina korita u Zagrebu je 100 m, najveća širina joj je do 700 m (Šabac), dok je na ušću u Dunav široka 290 m. Što se tiče kapaciteta plovidbe u Hrvatskoj, Sava je danas plovna za velika plovila do Slavonskog broda (377 km) i manja plovila do Siska (583 km).



Slika 2.2.: Lokacija rijeka i glavnih hidrometeoroloških mjernih stanica sliva rijeke Save

Prosječno istjecanje vode na ušću je 1760 m³/s, a maksimalno 5.000 m³/s. Najveći protok je na prijelazu zime u proljeće topljenjem leda. Najniži prinosi vode su u slivovima rijeka Bosut i Kolubara, kao i duž donjih dijelova slivova pritoka rijeke Save (Posavina, Semberija i Mačva). Gornje slivove rijeke Save u Sloveniji i njenih pritoka (Kupe, Une, Vrbasa, Bosne, Pive i Tare) karakterizira visok prinos vode.

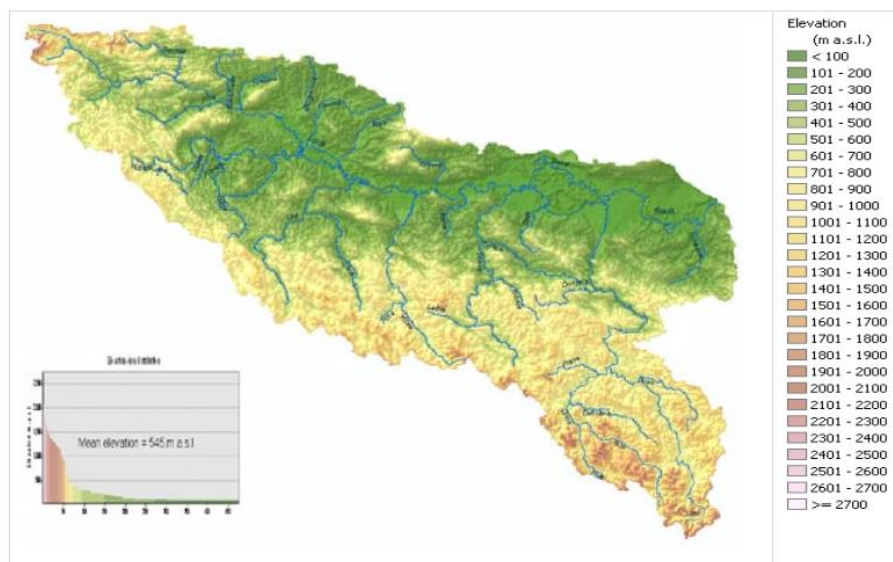


Slika 2.3.: Sliv rijeke Save u Hrvatskoj s lokacijama glavnih mjernih stanica

Rijeka Sava, pogotovo u svom srednjem dijelu (od Zagreba do Županje) i donjem dijelu (nizvodno od Županje), kao i dijelovi nizvodno od pritoka rijeke Save, podložna je poplavama. Poplave se obično dešavaju u proljeće nakon što se otopi snijeg i u jesen nakon obilnih kiša. Široka poplavna područja i prirodna nizinska područja se ponašaju kao zadrživači i retencije poplavnih valova. Zaštita od poplava u središnjem i nižem slivu rijeke Save se oslanja uglavnom na prirodna zadržavanja i nasipe za zaštitu od poplava. Općenito, glavni nasipi su kreirani za 100 godišnji povratni period, a u urbanim naseljima za period od 1000 godina. Sustav zaštite od poplava na rijeci Savi je značajan za rijetko očuvane velike nizinske retencije (Lonjsko polje, Mokro polje, Kupčina, Zelenik i Jantak).

Suše su nehomogene u slivu rijeke Save budući da zahvaćaju samo određena područja. Bez obzira, u usporedbi sa poplavama, suše imaju veću prostornu pokrivenost koja ukazuje da su prouzročene globalnim uzrocima i imaju multidimenzionalni karakter, što im daje i veći obim.

Kakvoća podzemnih voda uglavnom je ugrožena u urbanim područjima i područjima intenzivne poljoprivredne proizvodnje, koja su uglavnom smještena u aluvijalnim nizinama rijeke Save i njezinih pritoka. Onečišćenje podzemnih voda zabilježeno je u četiri zemlje sliva: Savinjskoj kotlini i Krškoj kotlini (Slovenija), zagrebačkom području (Hrvatska) i lokacijama Semberija i Lijeve polje (BiH) te Mačva (Srbija). Dakle, rijeka Sava na području Zagreba nije pitka.



Slika 2.4.: Svojstva reljefa sliva rijeke Save

U posljednjih pedesetak godina na rijeci Savi, a naročito na širem području grada Zagreba, događaju se značajne meteorološke, hidrološke, morfološke, psamološke, hidrogeološke i druge promjene.

U Hrvatskoj mrežom monitoringa kakvoće voda upravljaju Hrvatske vode. Čitav sustav monitoringa revidiran je kako bi bio usklađen s Okvirnom direktivom o vodama. Nadzorni monitoring provodi se od 2009. godine i pokriva većinu referentnih elemenata kakvoće, no operativni monitoring još nije proveden. Potpuna mreža operativnog monitoringa bit će definirana u bliskoj budućnosti.

Najveći dio područja sliva rijeke Save pokriven je šumom, poluprirodnim područjima, poljoprivrednim površinama te sadrži najveći kompleks riječnih močvara Dunavskog sliva.

Slivu je svojstvena iznimna biološka i krajobrazna raznolikost. Jedinstven je primjer rijeke s poplavnim nizinama koje su i dalje netaknute te ublažavaju poplave i podržavaju biološku

raznolikost. Također uključuje i brojna važna područja za život ptica i biljaka te zaštićena područja na državnoj razini i područja na popisu Natura 2000.

2.2. Geološka i hidrogeološka obilježja sliva rijeke Save

Republika Hrvatska prema reljefu i hidrogeološkim značajkama stijena dijeli se na dva specifična hidrogeološka područja:

- Zapadni i južni dio Hrvatske, područje krša, sačinjen od čvrstih, ispucanih vapnenačkih i dolomitnih stijena, krške ili sekundarne pukotinsko-kavernozne poroznosti te
- Panonski bazen pretežno sačinjen od krupnozrnatih klastita, kvartarnih naslaga primarne poroznosti, koji u dolinama Drave i Save čine vodonosnike visokih proizvodnih kapaciteta.

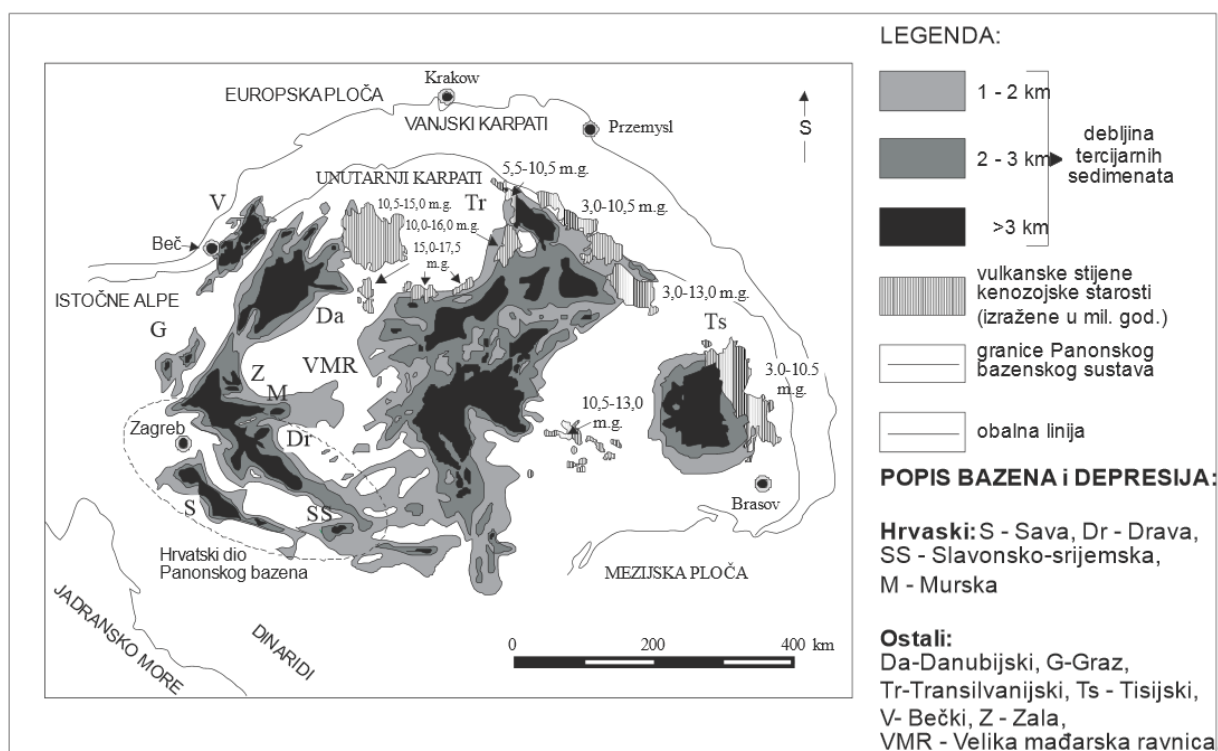


Slika 2.5.: Panonska Hrvatska

U panonskom dijelu prostiru se porječja Save, Drave i Dunava. Hrvatski dio Panonskoga bazena smješten je na jugozapadu tektonske jedinice najvećega reda nazvane Panonski bazenski sustav (Slika 2.6.).

Najveća koncentracija tekućica na površini kopna i najrazgranatija riječna mreža u Hrvatskoj nalazi se upravo u sjeverozapadnom kontinentalnom dijelu Republike Hrvatske. Ovu

mrežu čine Sava i njeni pritoci. Izobilje vode u podzemlju značajan je preduvjet za gustu mrežu tekućica na kopnenoj površini. Najvažniji vodonosnici na crnomorskom slivu formirani su u debelim kvartarnim naslagama međuzrnske poroznosti u dolinama rijeka Save i Drave, koji su najbogatiji vodama uz gornje tokove, a izdašnost se smanjuje nizvodno zbog povećanja udjela sitnozrnate komponente. Na nizvodnom su području vrlo česte pojave subarteških i arteških voda. Kod dubljih vodonosnika, zbog reduktivnih uvjeta, prisutan je povišen sadržaj željeza, mangana i drugih pratećih elemenata. Vodonosnici pukotinske poroznosti u panonskom bazenu zauzimaju razmjerno male površine i izgrađuju vršne dijelove gorskih predjela južnog dijela crnomorskoga sliva.



Slika 2.6.: Regionalne tektonske jedinice unutar Panonskog bazenskog sustava

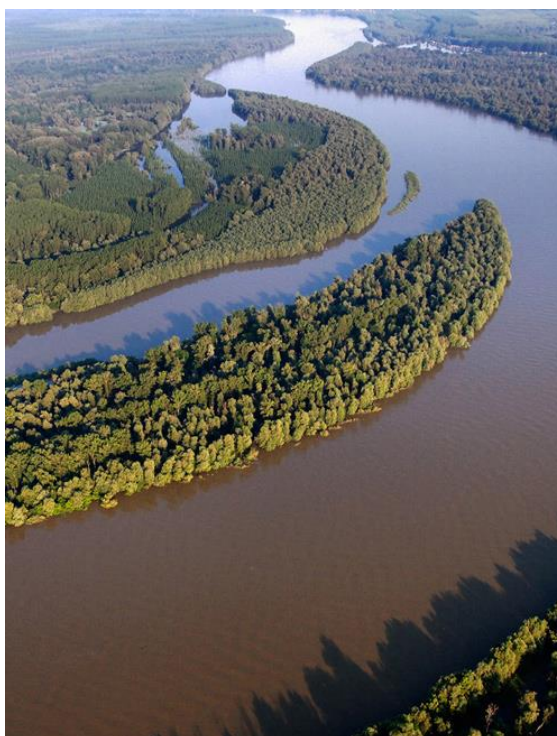
Razvoj površinskih tokova je posljedica i povoljnih klimatskih obilježja tj. geografskog smještaja Hrvatske i na njezin položaj u sklopu Srednje Europe i Sredozemlja. Ljeta su u Panonskoj Hrvatskoj topla i vruća, a zime hladne sa čestim snježnim padalinama. Zimi nastaje temperaturni obrat - niža reljefna područja su tada hladnija nego viša reljefna područja.

Panonska Hrvatska je pretežito ravničarsko (80–135 m n. m.) područje, s nešto izoliranog, razmjerno niskog gorja eruptivnog porijekla s rijetkom pojavom karbonatnih

stijena. To su najniži i najmlađi oblici reljefa ovog područja, a sastoje se od riječnih nanosa: gline, pijeska i lesa.

U reljefu Hrvatske zastupljene su tri osnovne skupine stijena: taložne ili sedimentne stijene (čine 95% reljefa Hrvatske), preobrazne ili metamorfne stijene (čine 2-4% reljefa Hrvatske) i magmatske stijene (čine oko 1% reljefa Hrvatske). U Panonskom bazenu dominiraju klastične sedimentne stijene. Termin klastičan odnosi se na stijene ili sedimente sastavljene uglavnom od drobljenih fragmenata starih, već postojećih, stijena ili minerala koji su bili preneseni na stanovitu udaljenost od mjesta njihova postanka. Šire rasprostranjeni klastici u Panonskom bazenu su pješčenjak i šejl. Većina nekonsolidiranih klastičnih stijena su holocenskog i pleistocenskog porijekla, a nalaze se većinom uz područja slivova Save i Drave te gotovo cijeloj istočnoj Slavoniji.

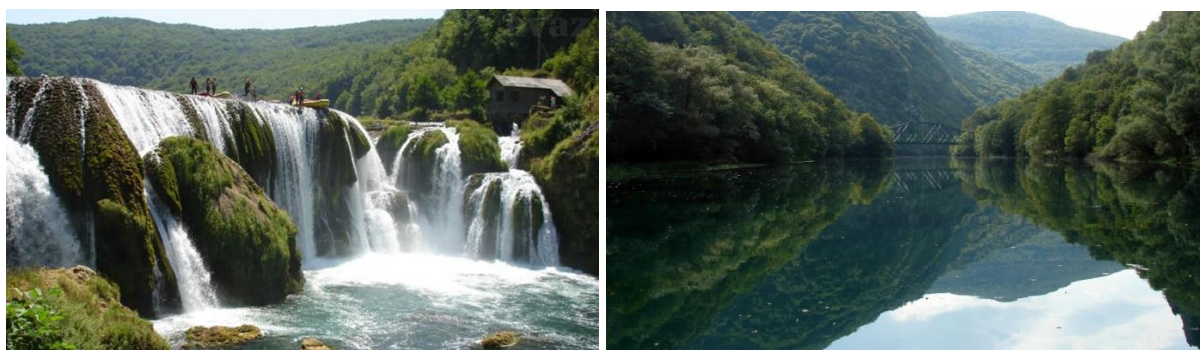
Na području Panonske Hrvatske prevladavaju lesni travnjaci i aluvijalne ravnice obrasle ritskim šumama i trskom. Zbog čestog plavljenja u aluvijalnim ravnima provode se procesi melioracije (osposobljavanje neplodna tla za biljnu proizvodnju poboljšavanjem njegovih svojstava, odnosno isušivanje poplavnih ravnica za dobivanje novih površina za zemljoradnju).



Slika 2.7.: Aluvijalna ravnica

2.3. Karakteristike rijeke Une

Rijeka Una je desna pritoka Save dugačka 212 km. Nastaje od jakih vrela kod Donje Suvaje ispod planine Čemernice u Hrvatskoj i teče kroz Suvajsku i Martinbrodsku kotlinicu pa nizvodno od Bihaćke kotline (BiH). Ušće je u mjestu Jasenovcu, gdje se ulijeva u rijeku Savu. Na izvoru je Una tipična planinska rijeka, a kako se približava svom ušću postaje blaga i spora. Čini veliki dio prirodne granice Hrvatske i BiH, a u njenom slivu se nalaze gradovi Bihać, Krupa na Uni, Bosanski Novi i dvojna naselja Hrvatska Kostajnica i Kozarska Dubica. Kod Bihaća je podignuta HE "Slapovi na Uni". Glavne pritoke Une su Unac i Sana.



Slika 2.8.: Rijeka Una – planinski (vodopad) i ravničarski dio

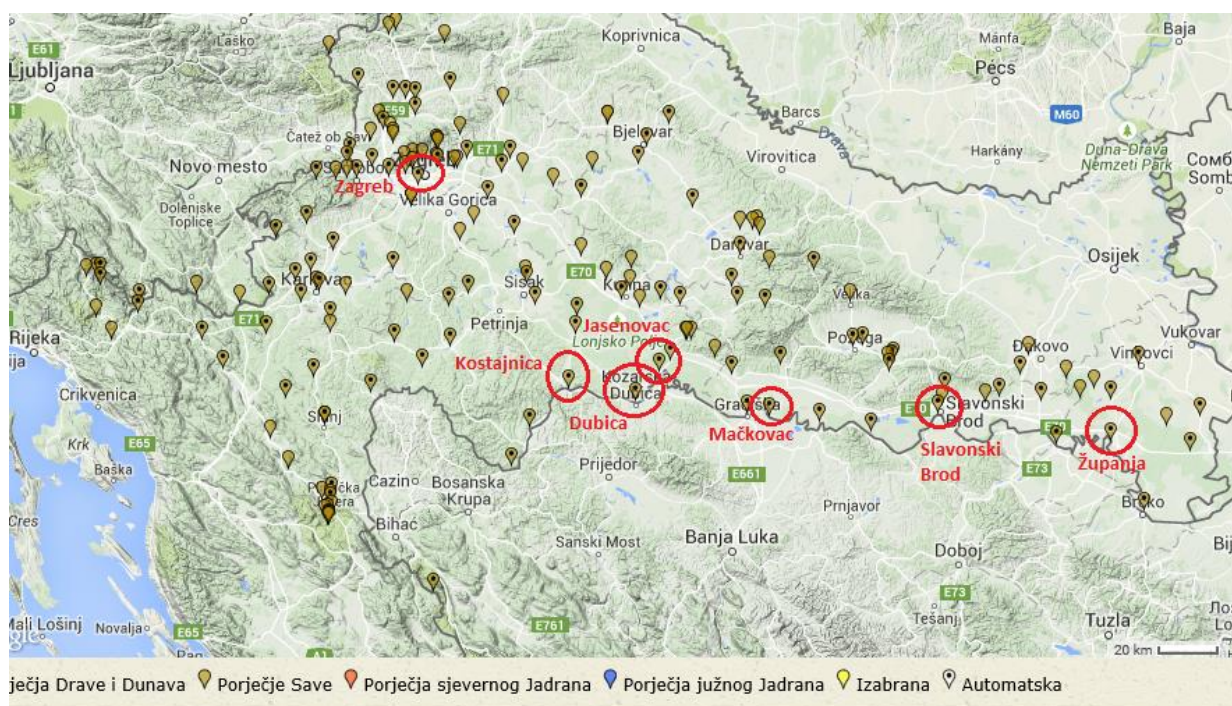
Dio doline Une, dužine oko 50 km čini klisura duboka 350 m. Površina sliva rijeke iznosi 7.286 km², prosječan pad joj je 1,36 m/km, a prosječan proticaj 198 m³/s. Najnovijim istraživanjima i ronjenjem na izvoru Une dostignuta je dubina od 205 metara, ali dno nije pronađeno, tako da će se istraživanje nastaviti.

Una usjeca klisuru i kanjonsku dolinu te gradi travertinske slapove: Dvoslap i Troslap kod Ripča, slapove kod Bihaća, vodopad Štrbači buk visok 24 m i Martinbrodski vodopad visok 54 m, širok 150 m, sa 51 m³ vode u sekundi.

Danas je Una dio velikog blaga prirodnog naslijeđa Bosne i Hercegovine, mjesto bogatog turističkog prometa i održavanja međunarodne sportsko-turističke manifestacije Una-Regata. Gornji tok ove rijeke dio je Nacionalnog parka "Una".

3. MJERNE STANICE

Ukupan broj stanica za nadgledanje kvalitete u slivu rijeke Save, gdje se mjere fizički i organski parametri, zatim hranjive tvari, teški metali i mikrobiološki parametri, je 90. Od 90 mjernih stanica koje se nalaze na slivnom području rijeke Save, u ovom radu napravljena je hidrološka analiza na njih sedam koje se nalaze na području Republike Hrvatske. Pet mjernih stanica se nalaze na rijeci Savi; *Zagreb*, *Jasenovac*, *Mačkovac*, *Slavonski Brod* i *Županja*, dok se preostale dvije nalaze na pritoci rijeke Save tj. na rijeci Uni; *Kostajnica* i *Dubica*.



Slika 3.1.: Mjerne stanice na Savi i Uni na kojima je izvršena hidrološka analiza u ovom radu

U nastavku su prikazane nabrojane mjerne stanice sa osnovnim podacima i mjerenjima.

3.1. Mjerna stanica „Zagreb“



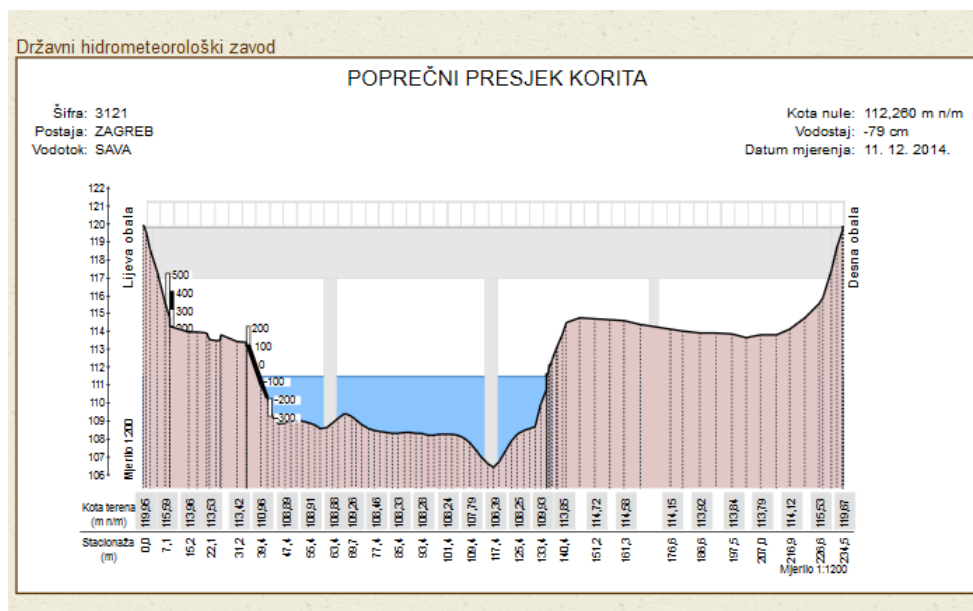
Slika 3.2.: Mjerna stanica Zagreb na rijeci Savi

Osnovni podaci postaje

Ime	ZAGREB
Šifra	3121
Tip postaje	Automatska dojava
Vodotok	SAVA
Sliv	CRNOMORSKI SLIV
Porječje	Porječje Save
Početak rada	01. 01. 1849.
Kraj rada	--
Kota nule vodokaza (m n/m)	112,260
Udaljenost od ušća (km)	664,200
Udaljenost od izvora (km)	--
Topografska površina sliva (km ²)	12450,000

Mjerenja postaje

Vrsta mjerenja	Info
VODOSTAJ	Razdoblje: 1900. - 2013. Kota nule: 112,260 m n/m Minimum: 23. 8. 1993. -338 cm Maksimum: 26. 10. 1964. 514 cm <hr/> Godine mjerenja: 1900-1912 1920-2013
PROTOK	Razdoblje: 1926. - 2013. Minimum: 23. 8. 1993. 46,50 m ³ /s Maksimum: 26. 10. 1964. 3126 m ³ /s <hr/> Godine mjerenja: 1926-2013
TEMPERATURA	Razdoblje: 1948. - 2014. Minimum: 31. 12. 1953. 0,0 °C Maksimum: 21. 7. 2003. 29,2 °C <hr/> Godine mjerenja: 1948 1953-1980 1983-1989 2003-2014
VODOMJERENJA	Broj mjerenja: 137
PROFILI	Broj mjerenja: 13



Slika 3.3.: Poprečni presjek korita mjerne stanice Zagreb

3.2. Mjerna stanica „Jasenovac“

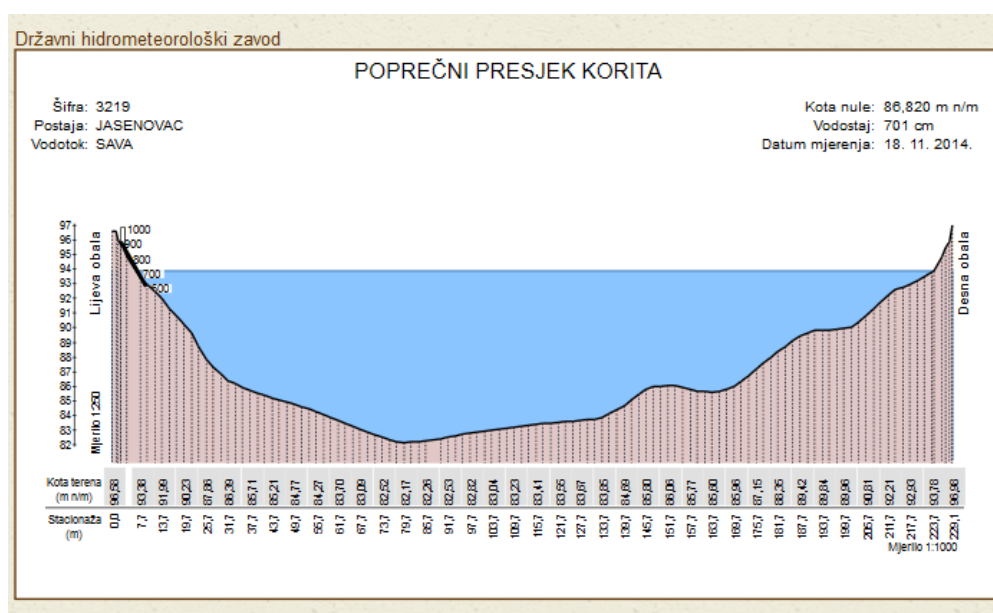
Osnovni podaci postaje

Ime	JASENOVAC
Šifra	3219
Tip postaje	Automatska dojava
Vodotok	SAVA
Sliv	CRNOMORSKI SLIV
Porječje	Porječje Save
Početak rada	01. 02. 1878.
Kraj rada	--
Kota nule vodokaza (m n/m)	86,820
Udaljenost od ušća (km)	500,500
Udaljenost od izvora (km)	--
Topografska površina sliva (km ²)	38953,000

Mjerenja postaje

Vrsta mjerenja	Info
VODOSTAJ	Razdoblje: 1900. - 2013. Kota nule: 86,820 m n/m Minimum: 27. 8. 2003. -139 cm Maksimum: 18. 1. 1970. 907 cm <hr/> Godine mjerenja: 1900-1912 1923-1991 1996-2013
PROTOK	Razdoblje: 1926. - 2013. Minimum: 4. 10. 1946. 107,2 m ³ /s Maksimum: 18. 1. 1970. 2716 m ³ /s <hr/> Godine mjerenja: 1926-1991 1996-2013
TEMPERATURA	Razdoblje: 1966. - 1990. Minimum: 12. 1. 1967. 0,0 °C Maksimum: 3. 8. 1983. 27,0 °C <hr/> Godine mjerenja: 1966-1990
KONCENTRACIJA	Razdoblje: 1978. - 2013. Minimum: 9. 1. 2011. 0,020 g/m ³ Maksimum: 18. 7. 1998. 601,0 g/m ³ <hr/> Godine mjerenja: 1978-1991

	1997-2013
PRONOS	Razdoblje: 1978. - 2013. Minimum: 14. 3. 2011. 1,141 t Maksimum: 5. 11. 1990. 55166 t
	Godine mjerenja: 1978-1991 1997-2013
VODOMJERENJA	Broj mjerenja: 336
PROFILI	Broj mjerenja: 4



Slika 3.4.: Poprečni presjek korita mjerne stanice Jasenovac

3.3. Mjerna stanica „Mačkovac“



Slika 3.5.: Mjerna stanica Mačkovac na rijeci Savi

Osnovni podaci postaje

Ime	MAČKOVAC USTAVA
Šifra	3207
Tip postaje	Automatska dojava
Vodotok	SAVA
Sliv	CRNOMORSKI SLIV
Porječje	Porječje Save
Početak rada	14. 02. 1949.
Kraj rada	--
Kota nule vodokaza (m n/m)	83,645
Udaljenost od ušća (km)	439,000
Udaljenost od izvora (km)	--
Topografska površina sliva (km ²)	40838,000

Mjerenja postaje

Vrsta mjerenja	Info
VODOSTAJ	Razdoblje: 1951. - 1978. Kota nule: 83,674 m n/m Minimum: 26. 7. 1952. 134 cm Maksimum: 30. 10. 1974. 1023 cm
	Razdoblje: 1979. - 2013. Kota nule: 83,645 m n/m Minimum: 2. 9. 2007. 63 cm Maksimum: 9. 4. 2013. 978 cm
	Godine mjerenja: 1951-2013
PROTOK	Razdoblje: 1951. - 2013. Minimum: 2. 9. 2007. 135,4 m ³ /s Maksimum: 30. 10. 1974. 3018 m ³ /s
	Godine mjerenja: 1951-1990 2005-2013
VODOMJERENJA	Broj mjerenja: 150
PROFILI	Broj mjerenja: 4

3.4. Mjerna stanica „Slavonski Brod“



Slika 3.6.: Mjerna stanica Slavonski Brod na rijeci Savi

Osnovni podaci postaje

Ime	SLAVONSKI BROD
Šifra	3098
Tip postaje	Automatska dojava
Vodotok	SAVA
Sliv	CRNOMORSKI SLIV
Porječje	Porječje Save
Početak rada	01. 10. 1855.
Kraj rada	--
Kota nule vodokaza (m n/m)	81,800
Udaljenost od ušća (km)	360,000
Udaljenost od izvora (km)	--
Topografska površina sliva (km ²)	50858,000

Mjerenja postaje

Vrsta mjerenja	Info
VODOSTAJ	<p>Razdoblje: 1900. - 2013. Kota nule: 81,800 m n/m Minimum: 31. 8. 2003. -63 cm Maksimum: 31. 10. 1974. 882 cm</p> <hr/> <p>Godine mjerenja: 1900-1912 1920-2013</p>
PROTOK	<p>Razdoblje: 1926. - 2013. Minimum: 16. 9. 1950. 147,7 m³/s Maksimum: 31. 10. 1974. 3476 m³/s</p> <hr/> <p>Godine mjerenja: 1926-1993 2004-2013</p>
TEMPERATURA	<p>Razdoblje: 1956. - 2014. Minimum: 5. 2. 1956. 0,0 °C Maksimum: 12. 8. 1994. 29,0 °C</p> <hr/> <p>Godine mjerenja: 1956-1995 1998-1999 2003-2014</p>
KONCENTRACIJA	<p>Razdoblje: 1960. - 2013. Minimum: 14. 2. 1973. 0,106 g/m³ Maksimum: 25. 6. 1964. 747,0 g/m³</p> <hr/> <p>Godine mjerenja: 1960-2013</p>
PRONOS	<p>Razdoblje: 1960. - 2013. Minimum: 2. 10. 2009. 2,673 t Maksimum: 22. 2. 1969. 104873 t</p> <hr/> <p>Godine mjerenja: 1960-1993 2004-2013</p>
VODOMJERENJA	Broj mjerenja: 196
PROFILI	Broj mjerenja: 3

3.5. Mjerna stanica „Županja“



Slika 3.7.: Mjerna stanica Županja na rijeci Savi

Osnovni podaci postaje

Ime	ŽUPANJA STEPENICA
Šifra	3211
Tip postaje	Automatska dojava
Vodotok	SAVA
Sliv	CRNOMORSKI SLIV
Porječje	Porječje Save
Početak rada	01. 01. 1886.
Kraj rada	--
Kota nule vodokaza (m n/m)	76,277
Udaljenost od ušća (km)	262,000
Udaljenost od izvora (km)	--
Topografska površina sliva (km ²)	62891,000

Mjerenja postaje

Vrsta mjerenja	Info
VODOSTAJ	Razdoblje: 1900. - 2013. Kota nule: 76,277 m n/m Minimum: 29. 8. 2012. -102 cm Maksimum: 19. 1. 1970. 1064 cm <hr/> Godine mjerenja: 1900-1912 1929-1942 1945-2013
PROTOK	Razdoblje: 1929. - 2013. Minimum: 25. 8. 1993. 157,7 m ³ /s Maksimum: 19. 1. 1970. 4161 m ³ /s <hr/> Godine mjerenja: 1929-1942 1945-2013
VODOMJERENJA	Broj mjerenja: 200
PROFILI	Broj mjerenja: 4

3.6. Mjerna stanica „Hrvatska Dubica“



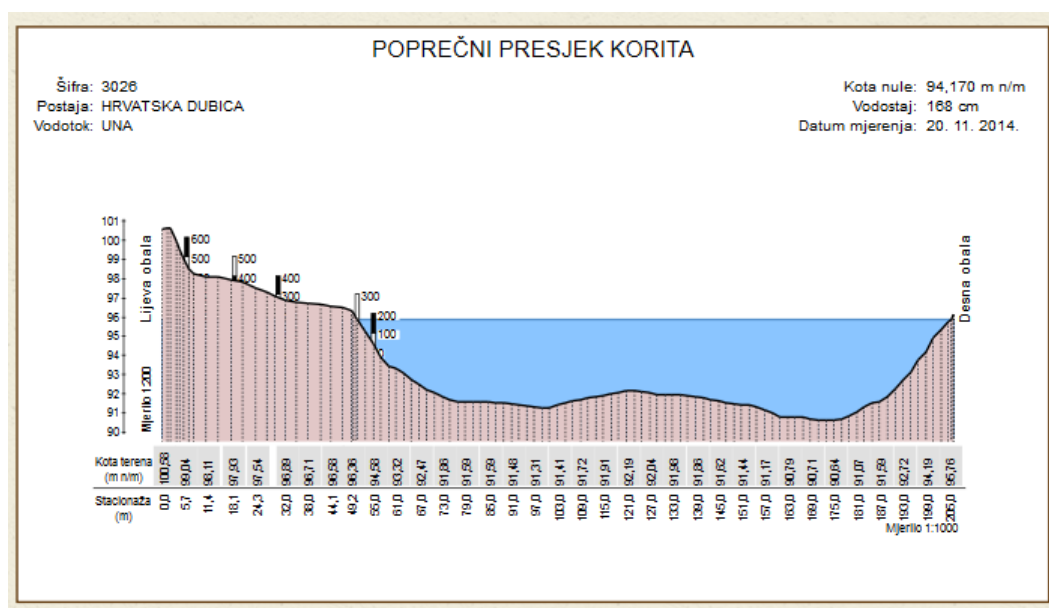
Slika 3.8.: Mjerna stanica Hrvatska Dubica na rijeci Uni

Osnovni podaci postaje

Ime	HRVATSKA DUBICA
Šifra	3026
Tip postaje	Automatska dojava
Vodotok	UNA
Sliv	CRNOMORSKI SLIV
Porječje	Porječje Save
Početak rada	01. 01. 1888.
Kraj rada	--
Kota nule vodokaza (m n/m)	94,170
Udaljenost od ušća (km)	20,100
Udaljenost od izvora (km)	--
Topografska površina sliva (km ²)	9368,000

Mjerenja postaje

Vrsta mjerenja	Info
VODOSTAJ	<p>Razdoblje: 1900. - 2013. Kota nule: 94,170 m n/m Minimum: 4. 9. 2011. -166 cm Maksimum: 16. 11. 1946. 540 cm</p> <hr/> <p>Godine mjerenja: 1900-1912 1923-1963 1965-1991 1998-2013</p>
PROTOK	<p>Razdoblje: 1980. - 1990. Minimum: 17. 8. 1990. 27,10 m³/s Maksimum: 25. 12. 1982. 1476 m³/s</p> <hr/> <p>Razdoblje: 2007. - 2013. Minimum: 4. 9. 2011. 35,05 m³/s Maksimum: 4. 12. 2010. 1397 m³/s</p> <hr/> <p>Godine mjerenja: 1980-1982 1985-1990 2007-2013</p> <hr/> <p>Podvrste mjerenja: PROTOK DIREKTNI PROTOK IZ KRIVULJE</p>
VODOMJERENJA	Broj mjerenja: 68
PROFILI	Broj mjerenja: 3



Slika 3.9.: Poprečni presjek korita mjerne stanice Hrvatska Dubica

3.7. Mjerna stanica „Kostajnica“



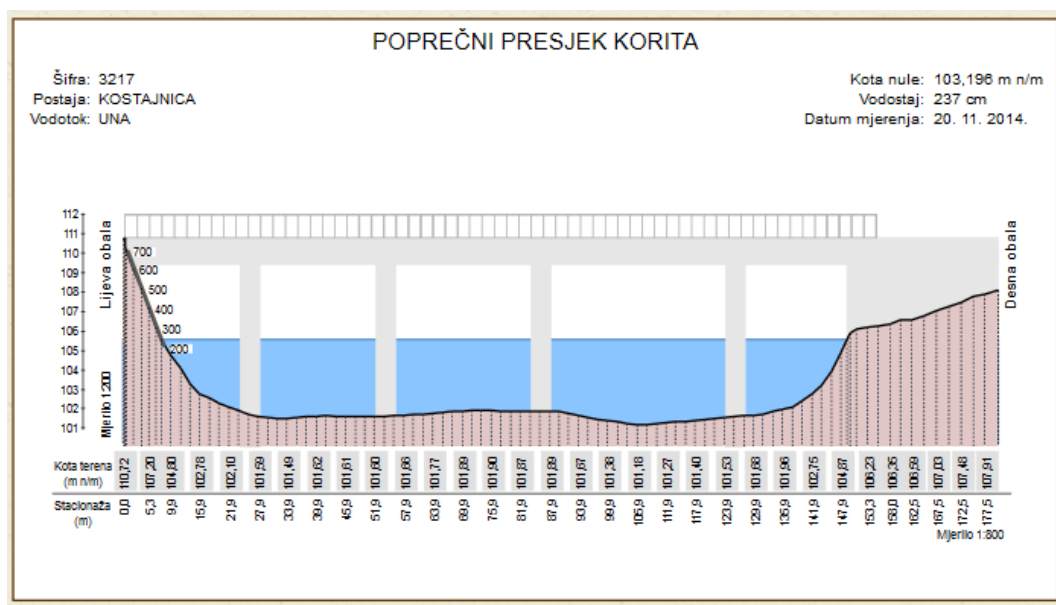
Slika 3.10.: Mjerna stanica Kostajnica na rijeci Uni

Osnovni podaci postaje

Ime	KOSTAJNICA
Šifra	3217
Tip postaje	Automatska dojava
Vodotok	UNA
Sliv	CRNOMORSKI SLIV
Porječje	Porječje Save
Početak rada	01. 01. 1878.
Kraj rada	--
Kota nule vodokaza (m n/m)	103,196
Udaljenost od ušća (km)	42,100
Udaljenost od izvora (km)	--
Topografska površina sliva (km ²)	8876,000

Mjerenja postaje

Vrsta mjerenja	Info
VODOSTAJ	Razdoblje: 1900. - 1923. Kota nule: --- Minimum: 3. 7. 1907. -15 cm Maksimum: 4. 5. 1911. 500 cm
	Razdoblje: 1924. - 1938. Kota nule: 103,430 m n/m Minimum: 10. 9. 1928. 30 cm Maksimum: 16. 11. 1925. 500 cm
	Razdoblje: 1939. - 2002. Kota nule: 103,465 m n/m Minimum: 3. 1. 1999. 8 cm Maksimum: 10. 10. 1955. 510 cm
	Razdoblje: 2003. - 2013. Kota nule: 103,196 m n/m Minimum: 27. 9. 2009. 15 cm Maksimum: 14. 4. 2004. 446 cm
	Godine mjerenja: 1900-1912 1923-1991 1997-2013
PROTOK	Razdoblje: 1926. - 2013. Minimum: 17. 8. 1990. 25,10 m ³ /s Maksimum: 10. 10. 1955. 1808 m ³ /s
	Godine mjerenja: 1926-1991 2002-2013
TEMPERATURA	Razdoblje: 1968. - 1991. Minimum: 28. 12. 1970. 0,0 °C Maksimum: 1. 8. 1983. 27,0 °C
	Godine mjerenja: 1968-1991
KONCENTRACIJA	Razdoblje: 1967. - 1991. Minimum: 19. 2. 1982. 0,050 g/m ³ Maksimum: 16. 6. 1970. 1656 g/m ³
	Godine mjerenja: 1967-1991
PRONOS	Razdoblje: 1967. - 1991. Minimum: 19. 2. 1982. 0,353 t Maksimum: 19. 6. 1970. 47423 t
	Godine mjerenja: 1967-1991
VODOMJERENJA	Broj mjerenja: 176
PROFILI	Broj mjerenja: 6



Slika 3.11.: Poprečni presjek korita mjerne stanice Kostajnica

4. HIDROGRAM PROTOKA

4.1. Protok

Protok predstavlja količinu vode koja protječe kroz neku proticajnu površinu u jedinici vremena. U hidrološkoj praksi se pod pojmom "količina" redovito podrazumijeva volumen vode koji se najčešće iskazuje u kubnim metrima u sekundi (m^3/s). Ako su iznosi protoka maleni, protok se može iskazati i u litrama u sekundi (l/s). Protok je izvedena veličina koja se najčešće određuje posredno – mjerenjem brzine strujanja vode i površine proticajnog presjeka. Osnovni, integralni, izraz kojim se određuje protok stoga glasi:

$$Q = \int_A \vec{v} \vec{n} dA$$

gdje je:

Q – protok; m^3/s

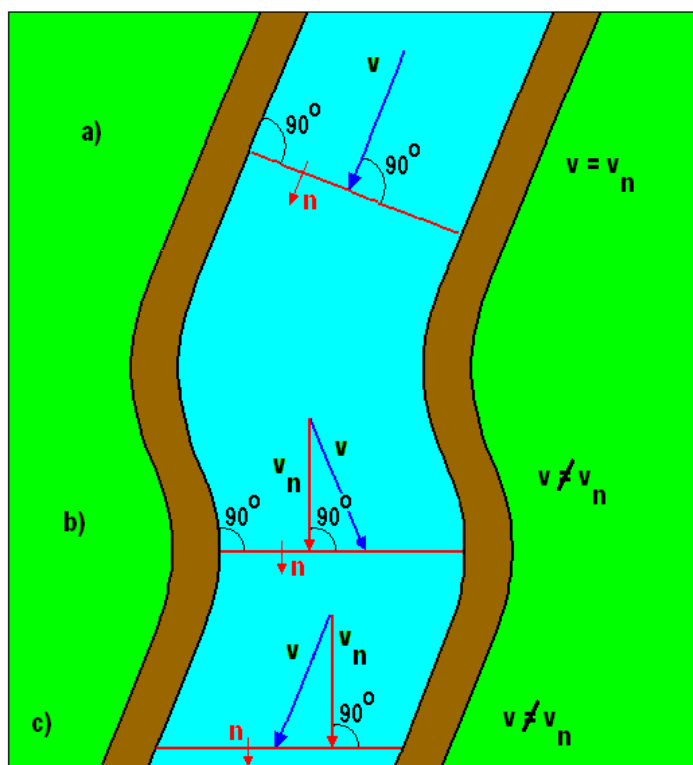
\vec{v} – vektor brzine strujanja vode; m/s

\vec{n} – jedinični vektor u smjeru normale na proticajnu površinu A

dA – diferencijal proticajne površine A [m^2]

Prema izrazu je očito da je protok Q , kao skalarni produkt vektora brzine strujanja \vec{v} i vektora normale \vec{n} na plohu A kroz koju protiče voda, skalarna veličina. Kada su ova dva vektora međusobno okomita, njihov skalarni produkt će biti jednak nuli, pa će tada i protok preko proticajne plohe biti jednak nuli.

Točan iznos protoka moguće je stoga pravilno odrediti samo ako su vektor brzine strujanja i vektor normale proticajne plohe A međusobno kolinearni (pod pravim kutom). Takav slučaj prikazan je na slici 4.1. a). Ako se mjerenje, iz nekog razloga, provodi i pod drugačijim uvjetima (Slika 4.1. b) i c)), u račun protoka treba uzeti samo normalnu komponentu brzine, ali nikako ne brzinu u njenom punom iznosu, jer bi vrijednost tako određenog protoka bila veća od njegove stvarne vrijednosti. Ovakve pogreške prilikom određivanja iznosa protoka na vodotocima mogu se pojaviti u slučajevima kada se za mjerenje brzina strujanja rabe instrumenti koji nisu "osjetljivi" na smjer brzine strujanja. Tipičan i vrlo rasprostranjen instrument takve vrste je klasično hidrometrijsko krilo (Slika 4.2.).



Slika 4.1.: Postavljanje proticajne površine na vodotoku

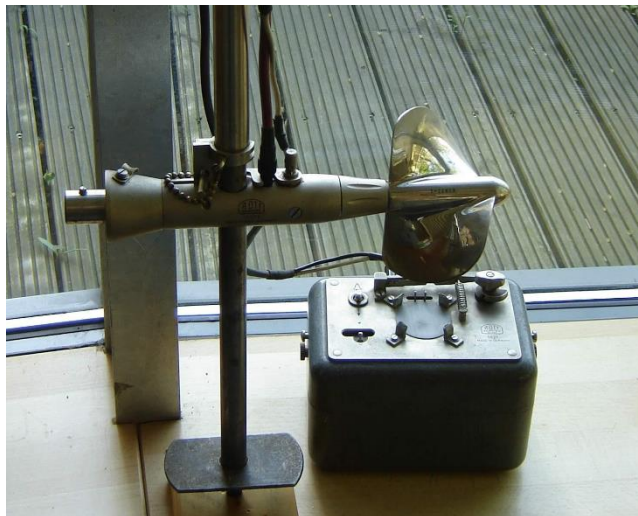
Kada se sve gore navedene činjenice uvažuje u praksi, protok Q se može računati i kao "čista" skalarna veličina, dakle jednostavno kao:

$$Q = Av$$

Metoda brzina-površina jedan je od temeljnih postupaka mjerenja protoka u otvorenim kanalima i vodotocima (i ne nužno samo u njima). Primjenu ADCP uređaja možemo uvrstiti u istu kategoriju, jer se i taj postupak zasniva na istoj temeljnoj ideji, međutim zbog potpuno drugačije "filozofije" mjerenja protoka primjenom ADCP uređaja, opisani se efekt (pogreške mjerenja) ondje ne pojavljuje. Primjeri opreme kojima je moguće provesti takva mjerenja su još osim hidrometrijskog krila, elektromagnetski, odnosno ultrazvučni točkasti brzinomjeri.

Da bi se odredila površina proticajnog presjeka A potrebno je precizno snimiti geometriju forme korita. U tom smislu potrebno je izmjeriti kako širinu vodotoka tako i podvodnu konfiguraciju dna vodotoka. Širina vodotoka se, kod manjih vodotoka, može izmjeriti mjernom trakom, dok se kod velikih vodotoka u tu svrhu koriste i optički instrumenti. Dubina vode mjeri se sondiranjem terena mjernim sondirkama ili, ako se radi o dubljim vodotocima, ultrazvučnim dubinomjerima. Mjerenje dubina preko širine vodotoka potrebno

je provesti na dovoljnom broju mjernih vertikala kako bi se mogla točno odrediti forma dna, a samim tim i površina poprečnog proticajnog presjeka.



Slika 4.2.: Hidrometrijsko krilo

Mjerenja protoka predstavljaju temelj kako za sve hidrološke kalkulacije tako i za sve aktivnosti u smislu praktičnog gospodarenja vodama. Danas se mjerenja protoka sustavno obavljaju na svim važnijim rijekama širom svijeta i takva će se mjerenja ubuduće sasvim sigurno obavljati permanentno i u sve većem obimu. Razlozi za ovakva mjerenja su energetika, poljoprivreda, ekologija i vodno gospodarstvo.



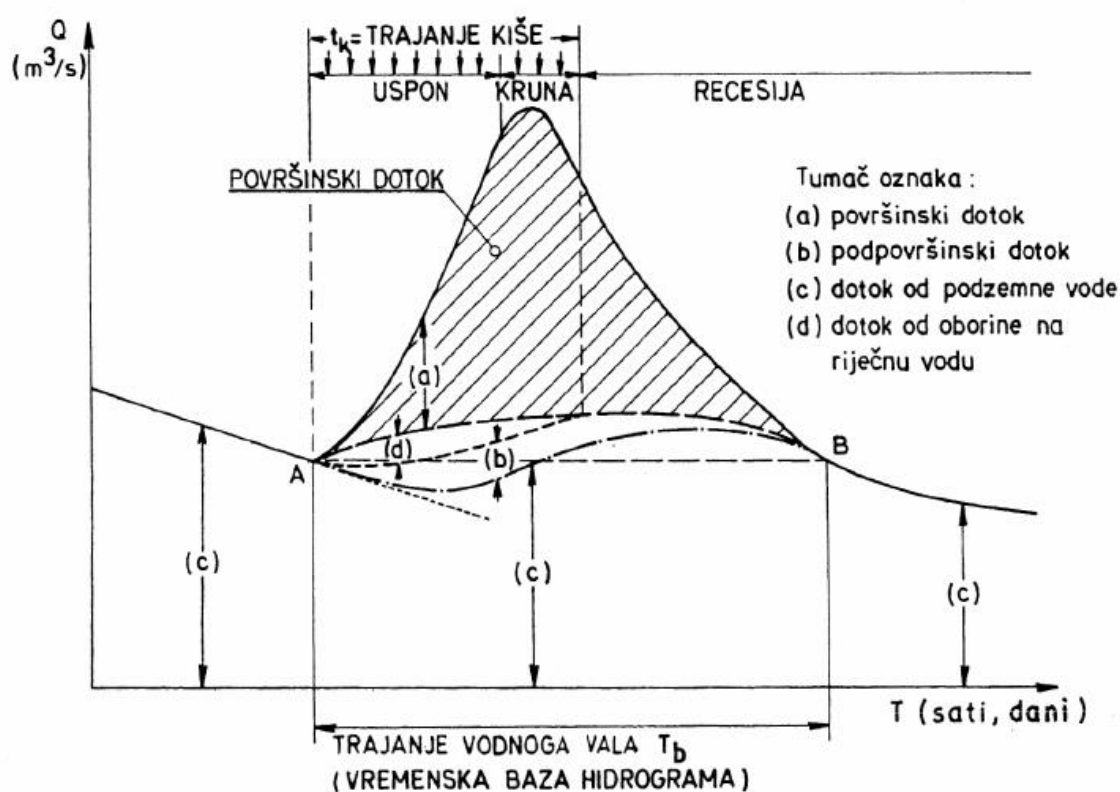
Slika 4.3.: T-RDI akustički Doppler uređaj za mjerenje protoka, ADCP

U Prilogu 1 su dane veličine srednjih dnevnih protoka za mjerne stanice: Zagreb, Jasenovac, Slavonski Brod, Mačkovac, Županja te Kostajnica i Dubica za godine; 2009., 2010. i 2011. godinu.

4.2. Hidrogram protoka

Iz izmjerenih protoka na mjernim stanicama jednostavno se dobiju hidrogrami. Hidrogram ili hod protoka je grafički prikaz protoka vode u ovisnosti o vremenu. Hidrogramom se mogu prikazati različiti protoci u različitim vremenima: primjerice srednji dnevni, maksimalni mjesečni i srednji godišnji protoci. Kako je već navedeno, u ovom radu korišteni su srednji dnevni protoci.

Hidrogram se sastoji od nekoliko osnovnih dijelova; uspona, krune i recesije (opadanja). Oblik hidrograma ovisi o trajanju kiše, području sliva zahvaćena kišom, promjenjivosti intenziteta kiše i obliku sliva. Vremensku bazu hidrograma T_b definira vrijeme od početka porasta hidrograma do vremena kada je površinsko otjecanje gotovo jednako nuli.



Slika 4.4. : Glavni dijelovi hidrograma otjecanja

Vrijeme podizanja vodnoga vala T_p je vrijeme od početka izravnoga dotoka iz oborine do vršnoga (maksimalnog) protoka vodnoga vala, a vrijeme recesije ili opadanja vodnoga vala T_r je vrijeme od vršnoga (maksimalnog) protoka vodnog vala do kraja vodnoga vala (Slika 4.4.).

Vremenska baza ili trajanje hidrograma je prema tome:

$$Tb = Tp + Tr$$

Vrijeme podizanja hidrograma Tp razlikuje se od vremena koncentracije sliva Tc , koje predstavlja vrijeme potrebno da voda stigne od najudaljenije točke sliva do protjecajnog profila vodotoka.

Redovito je:

$$Tc < Tp$$

Prema L. D. Sokolovskom (1968.) je:

$$Tp = k \cong Tc$$

koeficijent za kratke pljuskove iznosi $k \cong 1,0$, a za duge kiše $k = 1,30 - 1,60$.

Ako je poznata brzina putovanja vode duž glavnoga vodotoka v (m/s), vrijeme koncentracije je:

$$Tc = \frac{Lv}{v}$$

gdje je L_v (m) duljina vodotoka.

Razdvajanje, separacija ili analiza hidrograma je razdvajanje direktnog (površinskog) od baznog (podzemnog) dotoka. Dotjecanje vode u vodotok sastoji se iz dvaju glavnih dijelova:

- *izravnoga* dotoka, kada voda teče do korita po površini terena i
- *baznoga* (temeljnog) dotoka, koji dolazi u korito tekući ispod površine terena.

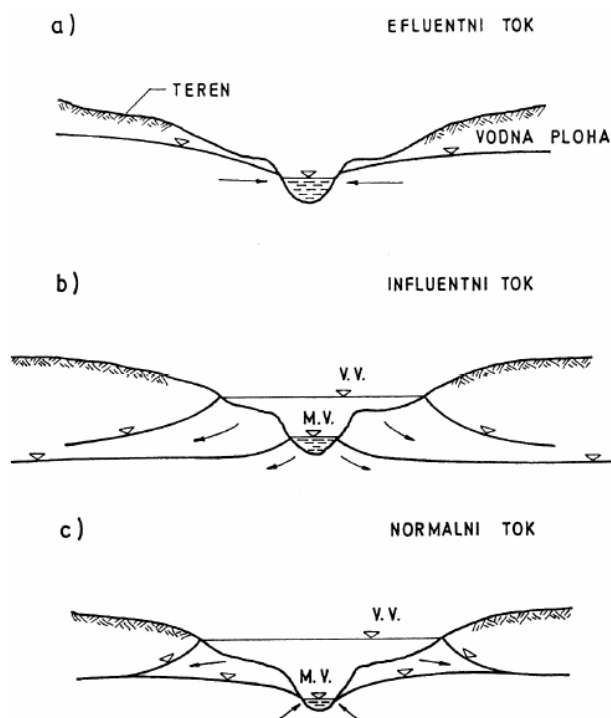
Hidrogram prikazuje količine vode koje otječu vodotokom prije, za vrijeme i poslije kiše. Sastavljen je od jedne do četiriju bitnih komponenata, ovisno o tome kakvi su uvjeti otjecanja na slivu. **Komponente** hidrograma su:

- a) površinski (izravni) dotok
- b) međudotok (potpovršinski)
- c) podzemni dotok
- d) oborina pala na korito vodotoka.

U nekim slučajevima javlja se još jedna - dodatna komponenta: oborina kondenzirana na slivu (snijeg). Naglo otapanje snijega, pogotovo ako je u kombinaciji s jakim kišama, može izazvati velike vodne valove (npr. na rijeci Lici).

Razlikuju se tri tipa strujanja vode iz podzemlja u vodotok i obrnuto, koja su prikazana na slici 4.5.:

1. efluentni tok je strujanje vode iz podzemlja u vodotok
2. influentni tok je strujanje vode iz vodotoka u podzemlje
3. normalni tok nastaje kada se za niskih vodostaja vodotok prihranjuje iz podzemlja, a za srednjih visokih vodostaja voda iz vodotoka struji u podzemlje.



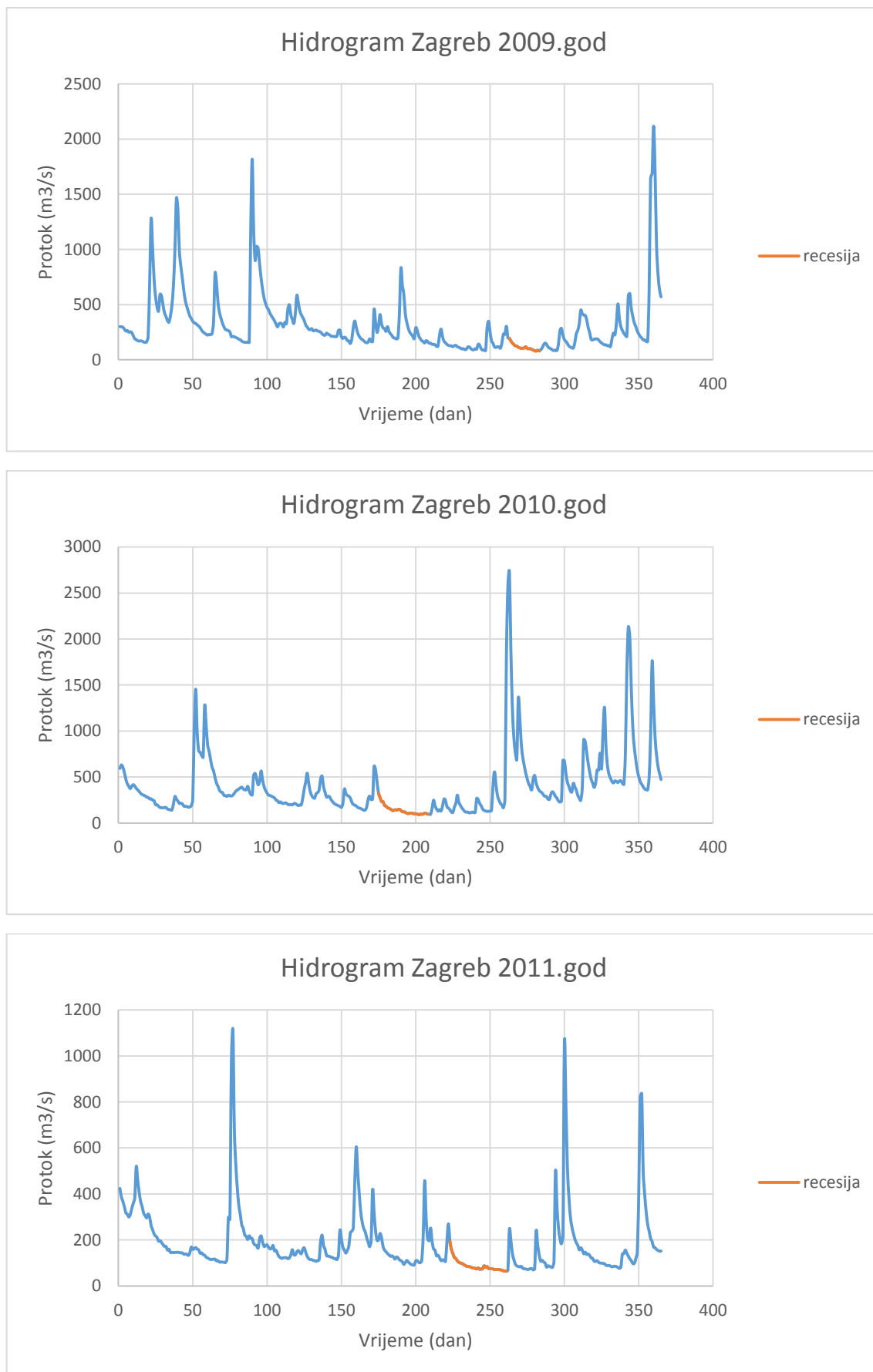
Slika 4.5.: Tipovi strujanja iz vodotoka u podzemlje i iz podzemlja u vodotok

Hidrogram se može smatrati jednim integralnim izrazom fizičko-geografskih i klimatskih karakteristika i procesa koji određuju odnose i zavisnosti između oborina i otjecanja s određenog sliva. Jedna slivna površina ne može proizvesti dva potpuno jednaka hidrograma za dvije slične kiše kao ulaz zbog kompleksnih čimbenika koji utječu na hidrogram i međusobno su povezani. Pri analizi velikog broja hidrograma otjecanja sa nekog sliva na nekoj lokaciji, mogu se uočiti neregularna ponašanja hidrograma kao rezultat kompleksnosti pljuskova koji su ih izazvali i karakteristika slivne površine.

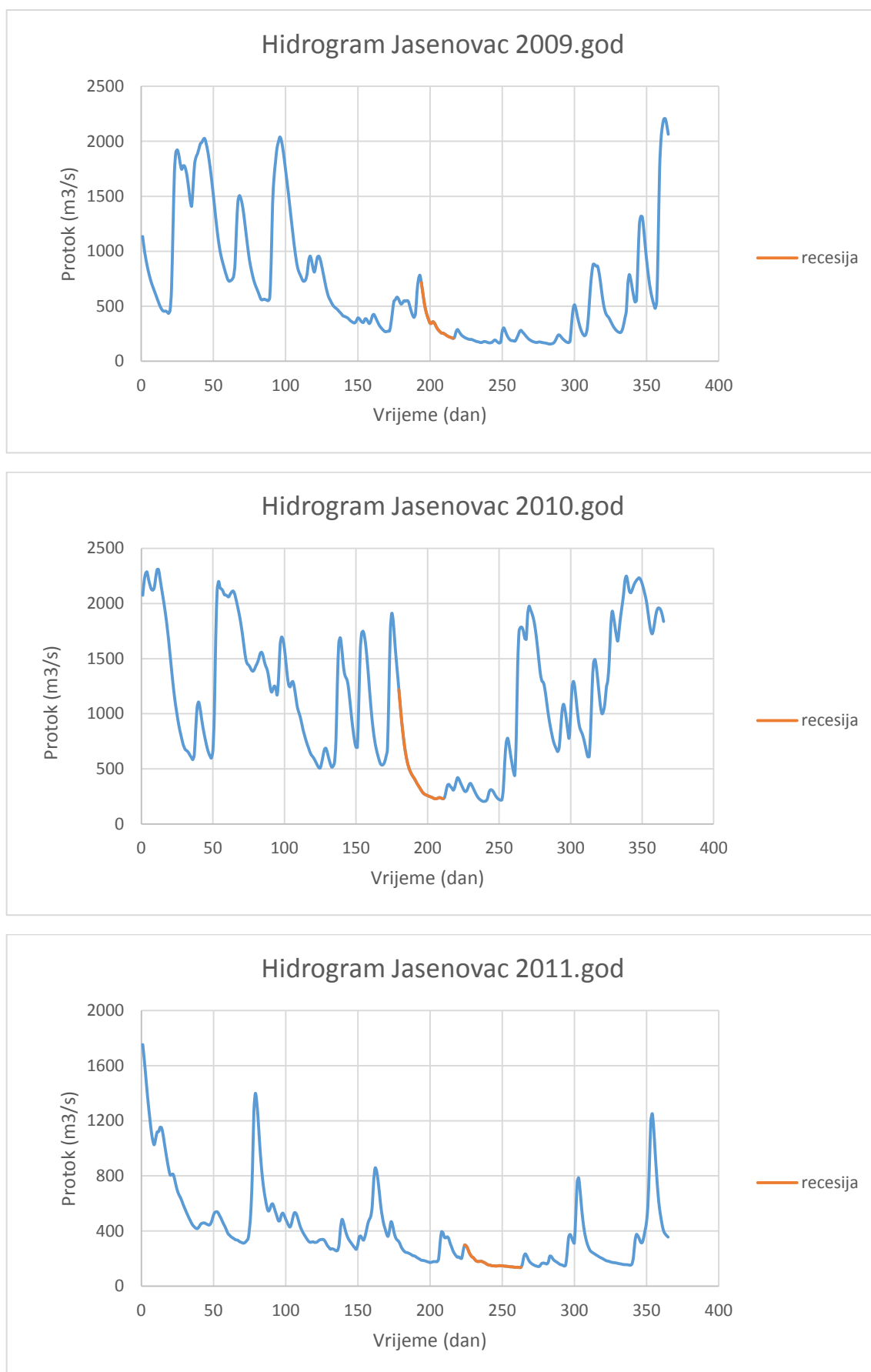
Faktori koji utječu na oblik hidrograma otjecanja mogu se svesti na 3 grupe (od kojih neki imaju značan utjecaj, a drugi zanemariv):

- *Klimatski faktori* : intenzitet i trajanje kiše, raspodjela kiše na slivnoj površini, pravac i brzina kretanja kiše (pljuska), porijeklo i vrsta pljuska, isparavanje i transpiracija;
- *Fizičke karakteristike slivne površine* : veličina i oblik slivne površine, pad slivne površine ili generalni nagib, raspored vodnih tokova na slivnoj površini (hidrografska mreža), pad glavnog toka, zadržavanje vode u slivu u privremenim akumulacijama, intenzitet infiltracije i sadržaj vlage u zemljištu, uticaj vegetacionog pokrivača, obrade zemljišta, postojanje jezera, bara i močvara, veličina i oblik poprečnog presjeka vodotoka, njihov pad, hrapavost i dužina, kao i zapreminski kapacitet vodotoka;
- *Geološke karakteristike slivne površine* : geološke osobine površinskog sloja zemljišta i njegov pedološki sastav, prisutnost i karakteristike podzemne vode, geoloških formacija.

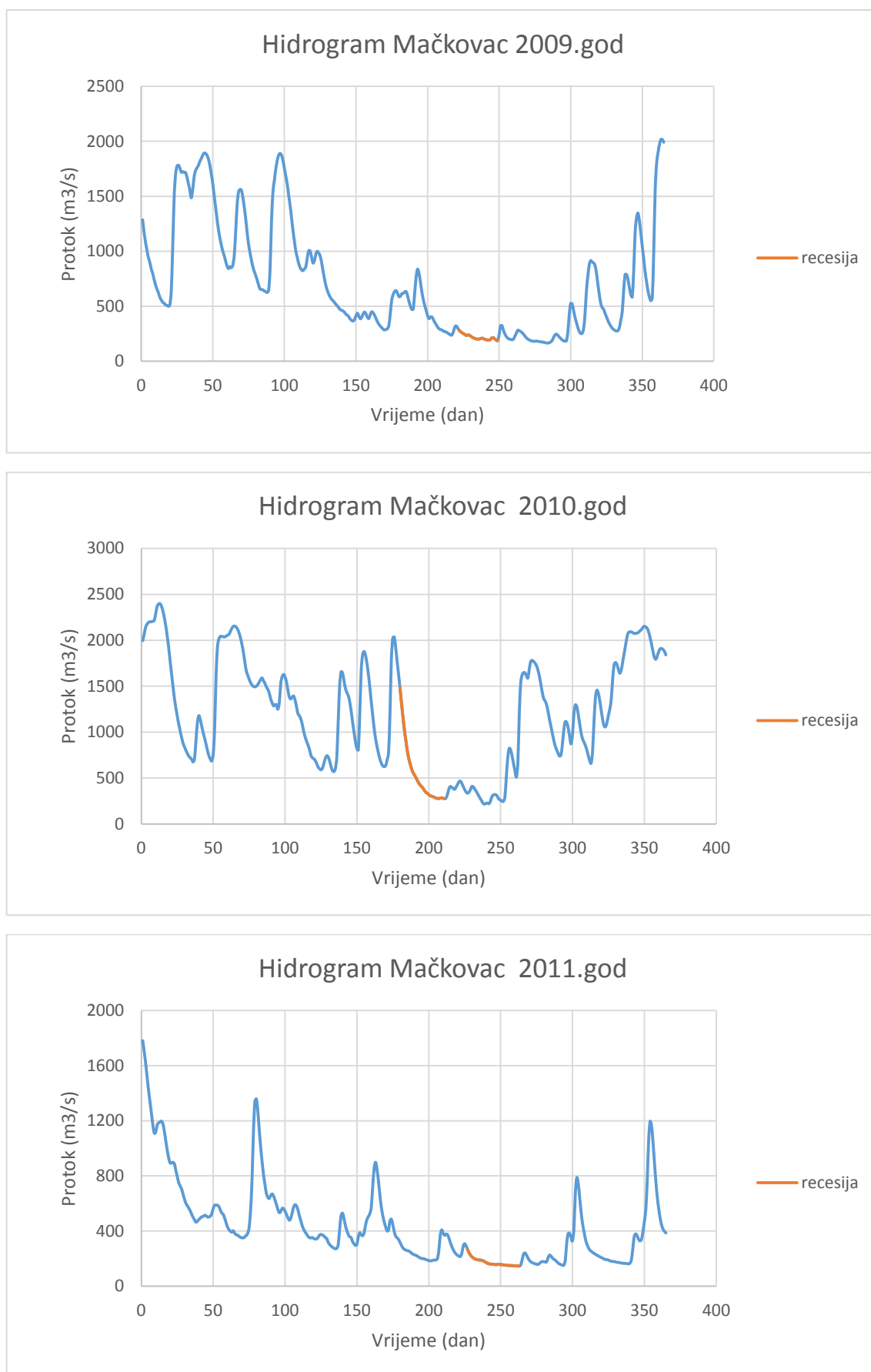
U nastavku su dani hidrogrami sa naznačenim dijelovima **recesije** (koji se zasebno analiziraju u poglavlju 6.) za mjerne stanice koje se promatraju u ovom radu te za godine 2009.-2011. (Slika 4.6. – Slika 4.13.). Hidrogrami su definirani na temelju srednjih dnevnih protoka koji se nalaze u Prilogu 1. Izdvojeni dijelovi recesije su gotovo u potpunosti bezoborinski i odabrani su za dijelove hidrograma gdje su uočene minimalne vrijednosti protoka. Također, primjeti se da su odabrani recesijski dijelovi isključivo u mjesecima od lipnja do listopada u kojima je potreba za vodom najveća.



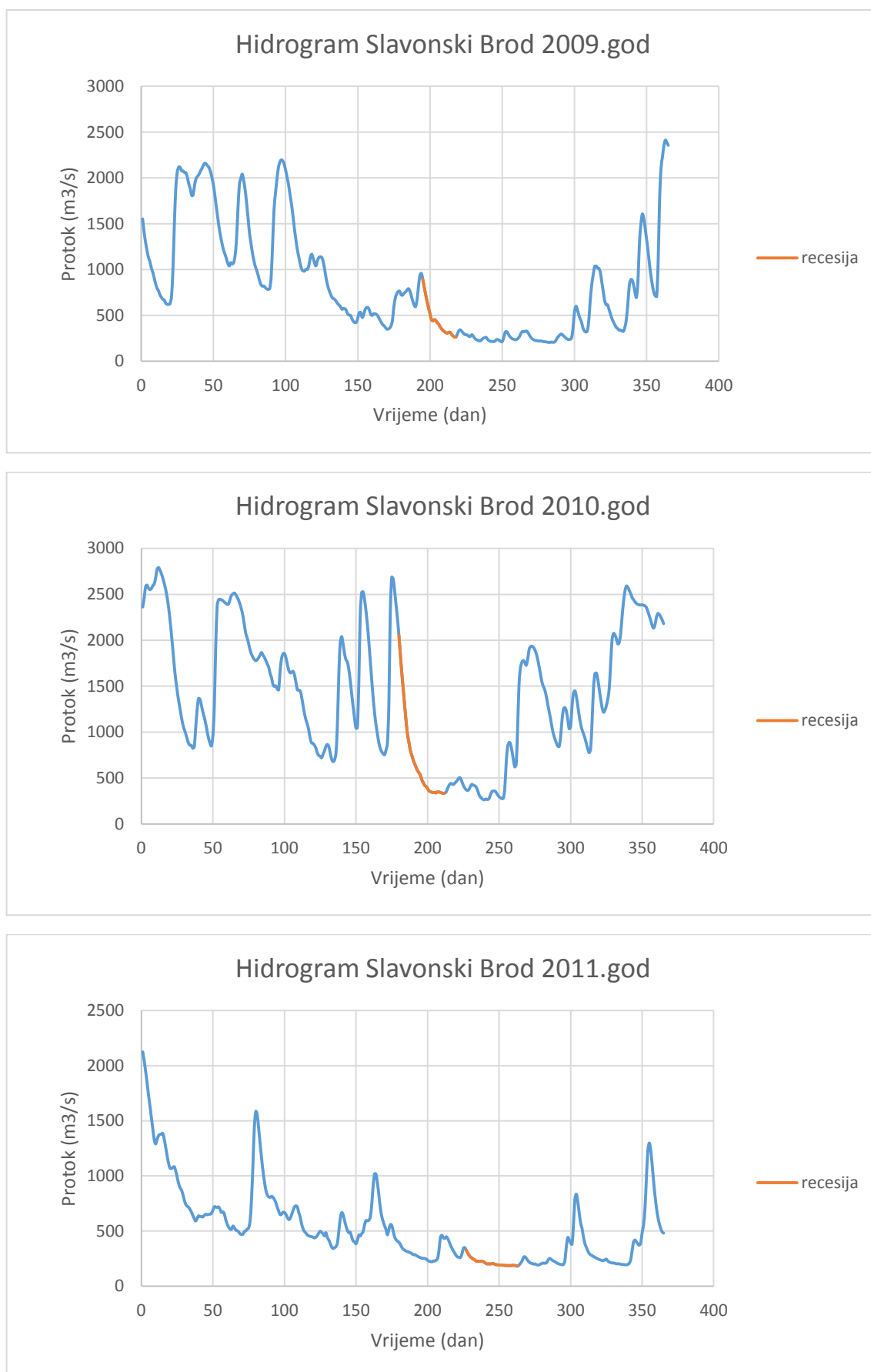
Slika 4.6.: Hidrogrami za mjernu stanicu Zagreb za 2009. – 2011. godinu



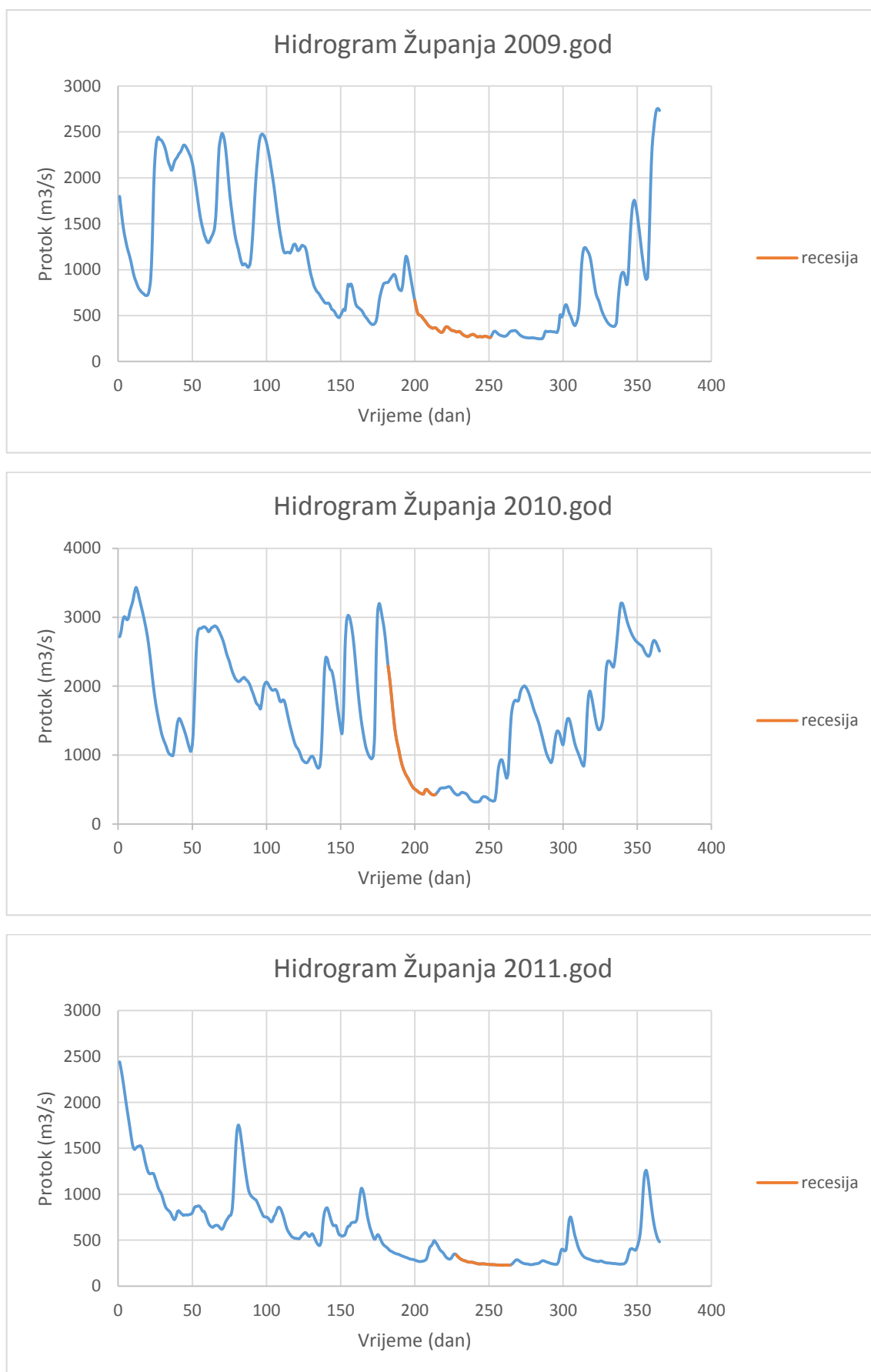
Slika 4.7.: Hidrogrami za mjernu stanicu Jasenovac za 2009. – 2011. godinu



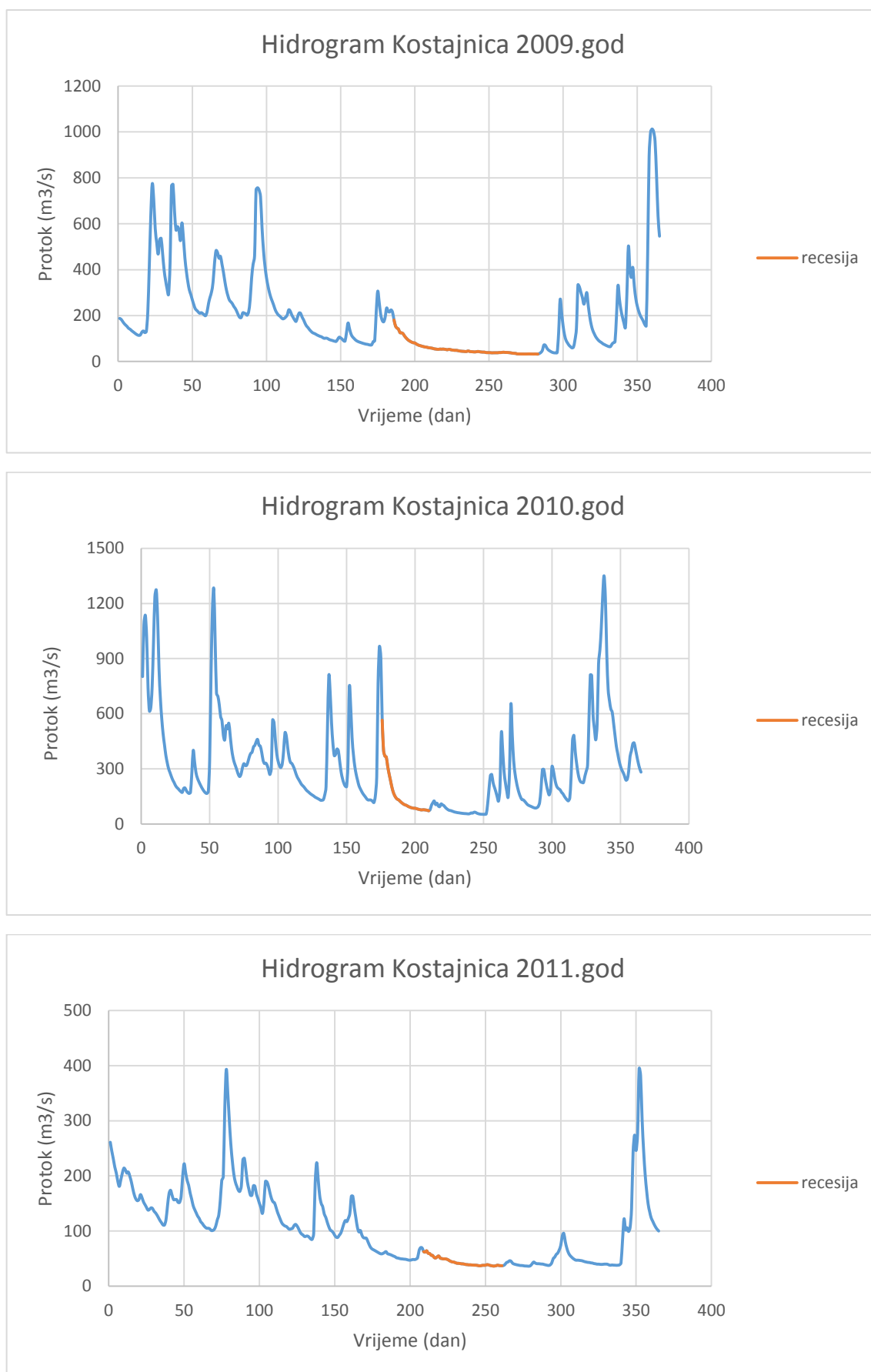
Slika 4.8.: Hidrogrami za mjernu stanicu Mačkovac za 2009. – 2011. godinu



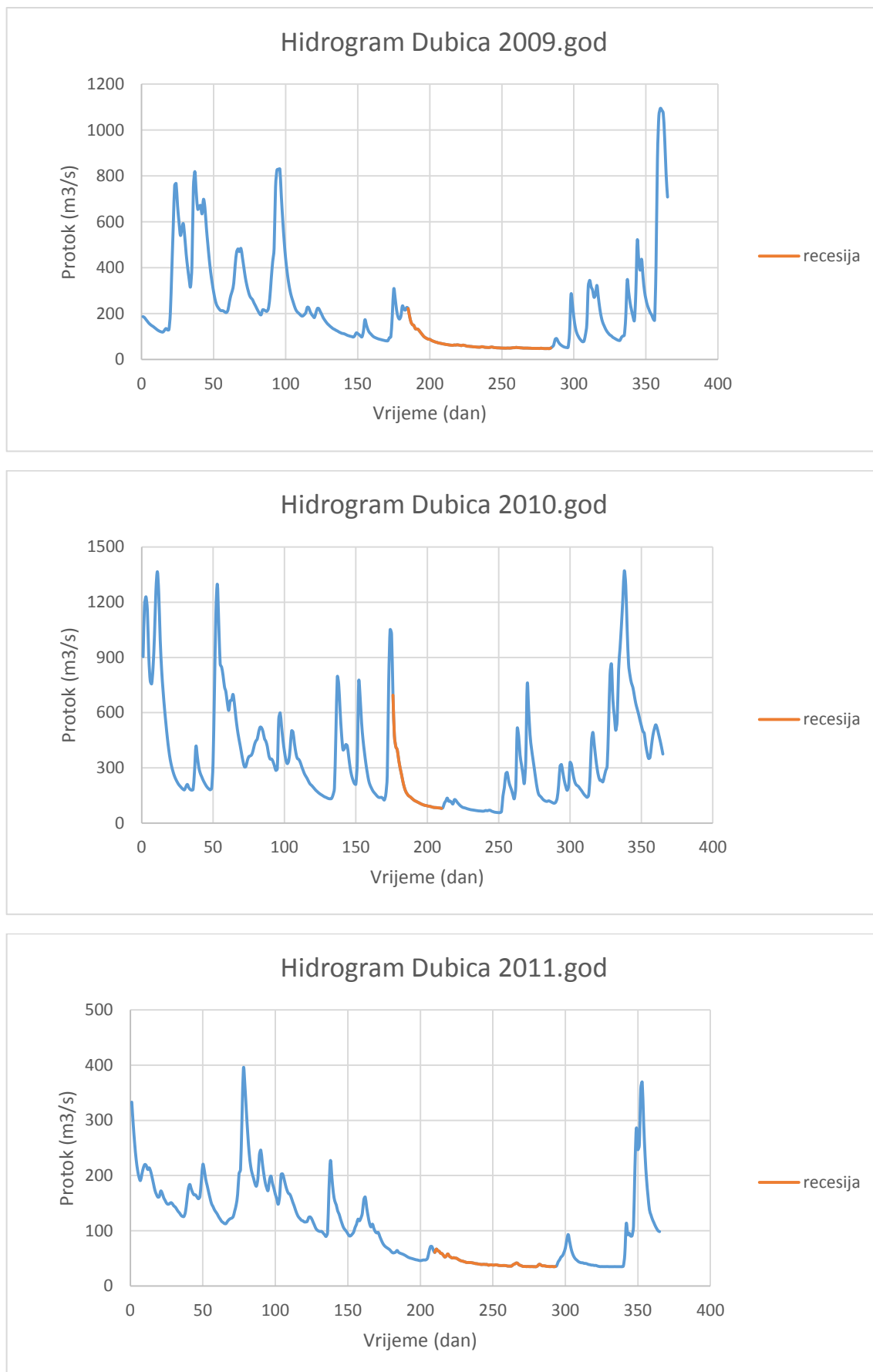
Slika 4.9.: Hidrogrami za mjernu stanicu Slavonski brod za 2009. – 2011. godinu



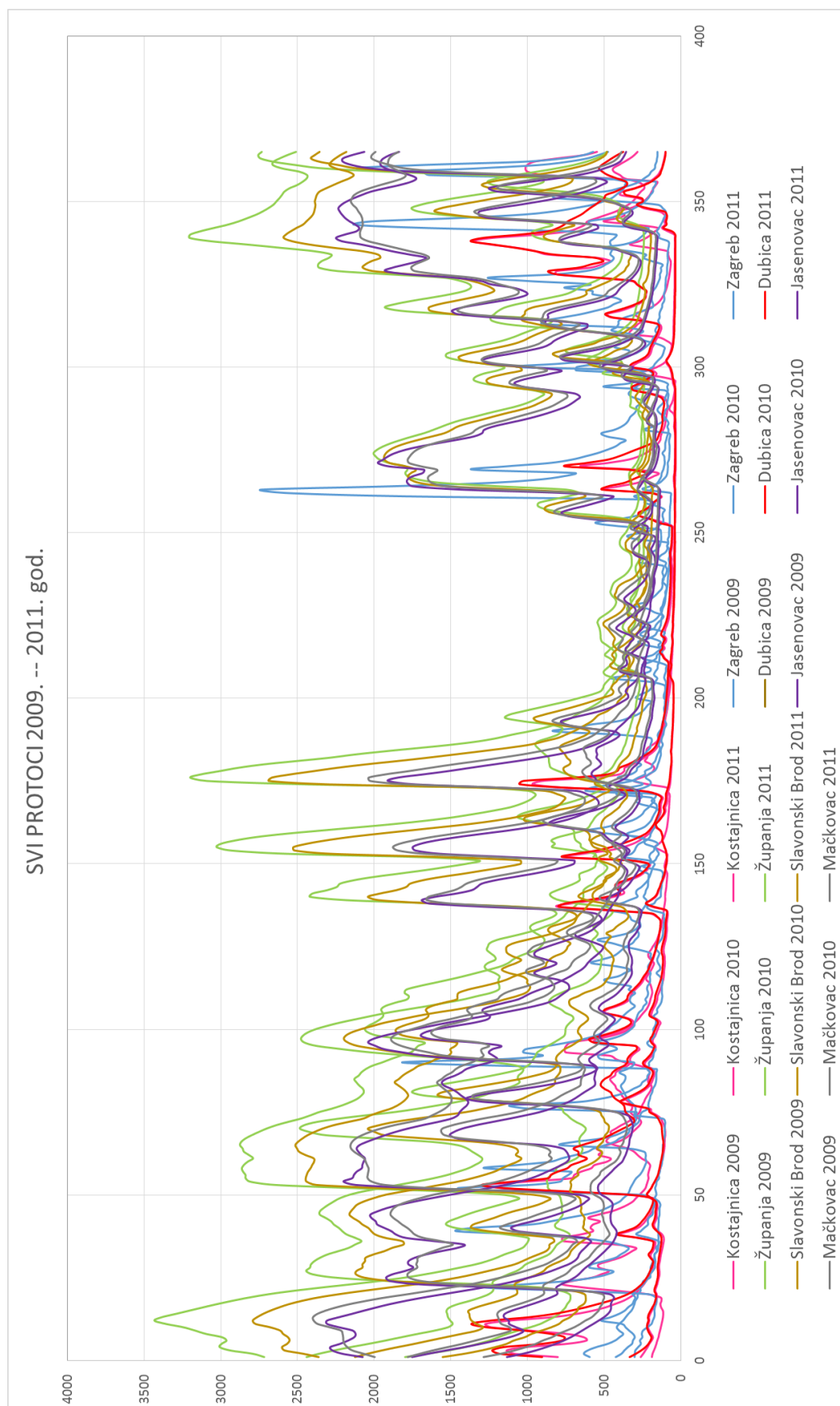
Slika 4.10.: Hidrogrami za mjernu stanicu Županja za 2009. – 2011. godinu



Slika 4.11.: Hidrogrami za mjernu stanicu Kostajnica za 2009. – 2011. godinu



Slika 4.12.: Hidrogrami za mjernu stanicu Dubica za 2009. – 2011. godinu



Slika 4.13.: Hidrogrami srednjih dnevnih protoka za sve mjerne stanice koje se analiziraju u ovom radu za godine 2009., 2010. i 2011.

5. KRIVULJA TRAJANJA PROTOKA

Krivulja trajanja protoka/vodostaja je krivulja koja pokazuje postotak vremena ili broj dana u godini tijekom kojih je protok ili vodostaj jednak ili veći od određenih veličina, bez obzira na kronološki redoslijed veličina. Definirane su na osnovi srednjih protoka – dnevnih, mjesečnih ili godišnjih. U ovom radu krivulje trajanja protoka su određene za srednje dnevne protoke.

Krivulje trajanja su u hidrotehniku uvedene u razdoblju od 1880. do 1890. godine od strane američkih inženjera C. Herschela i J. R. Freemana. Krivulje se najviše koriste u hidrotehnici te kao jedna od najvažniji hidroloških podloga kao osnova za određivanje moguće snage vodotoka.

Krivulja se konstruira određivanjem zbrojenih ili kumulativnih učestalosti protoka/vodostaja. Kumulativna učestalost je zbroj učestalosti svih vrijednosti manjih ili jednakih toj istoj vrijednosti ili obrnuto. Dakle grafički prikaz kumulativne učestalosti je krivulja trajanja protoka/vodostaja.

Jedna od osnovnih mana krivulje trajanja kao hidrološke podloge smatra se relativno kratko vrijeme obrade podataka od godine ili nekoliko godina, a također i neprikazivanje protoka/vodostaja u prirodnom kronološkom redoslijedu. Navedene mane se mogu u određenoj mjeri umanjiti. Stvarnu sliku dotoka će u prirodnom kronološkom slijedu dati hidrogram, dok se krivulja trajanja koja prikazuje kratko razdoblje raspoloživih podataka može vrlo jednostavnim postupkom svesti na oblik koji prikazuje krivulju za duže razdoblje. U slučaju raspolaganja detaljnim podacima o dotocima za neko duže neprekidno razdoblje motrenja i mjerenja, krivuljom trajanja protoka za pojedine godine može se odrediti kišna, približno vlažna (ili prosječna) i sušna godina. U takvim se slučajevima u literaturi preporučuje minimalno 25 do 30 godina hidroloških mjerenja.

Nagib krivulje trajanja ovisi o vrsti ulaznih podataka, odnosno o tome radi li se o srednjim dnevnim, srednjim mjesečnim ili srednjim godišnjim protocima. Najčešće i najispravnije se koriste srednji dnevni protoci. Zaglađene krivulje trajanja najčešće se dobiju korištenjem srednjih dnevnih protoka za prosječnu godinu, konstruirane na osnovi višegodišnjih podataka. To svojstvo se može iskoristiti na teorijskoj osnovi upotrebom

teorijskih raspodjela. Odnosno, krivulje trajanja definirane iz dugih vremenskih nizova, moguće je dobro aproksimirati teorijskim krivuljama raspodjela s najviše 3 parametra. Preporučuju se log-normalna Galtonova i Pearsonova 3 raspodjela. Bitno je napomenuti da troparametarska Pearsonova 3 raspodjela zahtjeva duge nizove hidroloških podataka (čak i više od 80 godina), zbog moguće nepouzdanog koeficijenta asimetrije c_s , čija je vrijednost trećeg statističkog momenta m_3 vrlo osjetljiva.

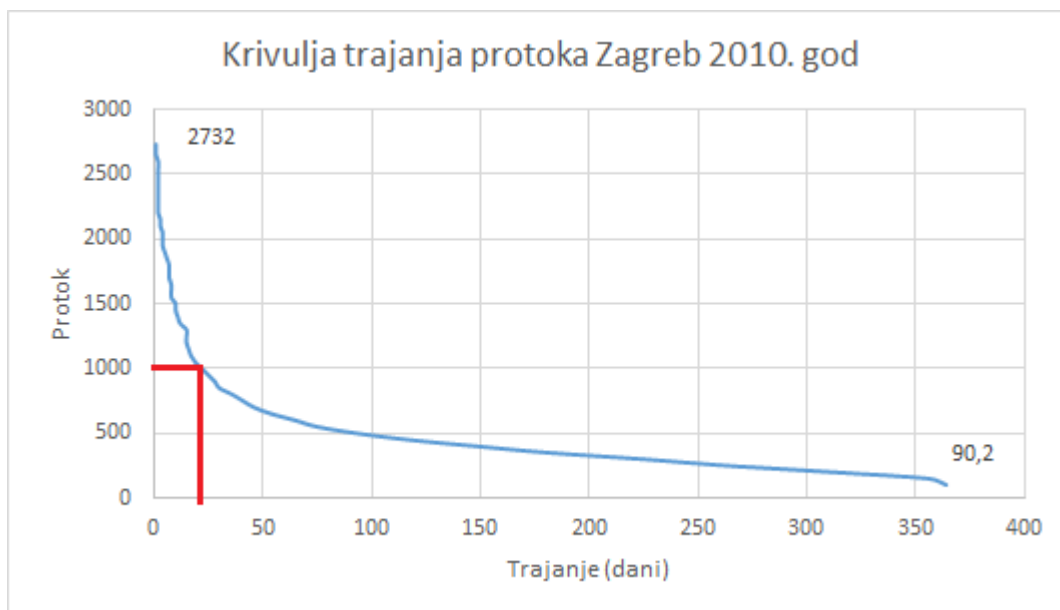
5.1. Konstruiranje krivulje trajanja protoka

U ovom poglavlju je opisan konkretan slučaj konstruiranja krivulje trajanja protoka u računalnom programu Microsoft Excel. Krivulja trajanja se konstruira za podatke srednjih dnevnih protoka mjerenih na hidrološkoj mjernoj stanici Zagreb na rijeci Savi za 2010. godinu (Prilog 1). Podaci se dijele u razrede (Tablica 5.1.). Što je više razreda, veća je točnost krivulje. Program proračuna koliko se puta neka vrijednost pojavi u određenom razredu, tj. odredi njenu učestalost. Učestalost se u ovom slučaju može prikazati u vremenskoj jedinici (sat, dan, mjesec,...) ili u postotcima (%). Nakon definiranja učestalosti može se odrediti krivulja trajanja protoka.

Istjecanje	Trajanje	1900	5	950	25
m3/s	dani	1850	6	900	28
2700	1	1800	7	850	30
2650	1	1750	7	800	36
2600	2	1700	7	750	41
2550	2	1650	8	700	46
2500	2	1600	8	650	54
2450	2	1550	8	600	65
2400	2	1500	10	550	75
2350	2	1450	10	500	93
2300	2	1400	11	450	117
2250	2	1350	12	400	148
2200	2	1300	15	350	181
2150	3	1250	15	300	225
2100	3	1200	15	250	263
2050	4	1150	16	200	311
2000	4	1100	17	150	356
1950	4	1050	19	100	364
		1000	22	0	365

Tablica 5.1.: Srednji dnevni protoci podijeljeni u razrede – mjerna stanica Zagreb, rijeka Sava, 2009. god.

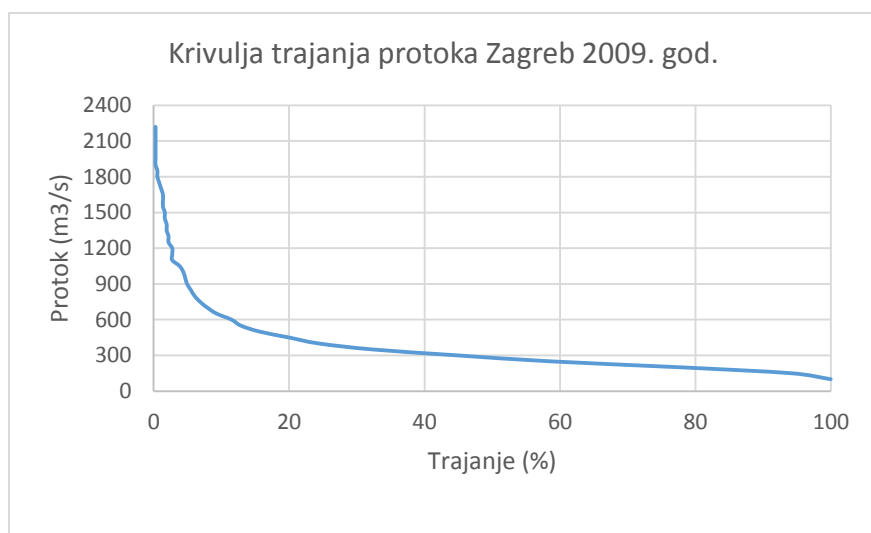
Dobiju se uređeni parovi točaka koji spojeni daju krivulju trajanja protoka. Trajanje protoka većeg od $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ je zbroj dana koji se pojavljuju u razredima poviše tog protoka (Slika 5.1.). Prva točka krivulje s lijeva na desno je maksimalan protok $2732 \text{ m}^3/\text{s}$ koji se u ovom slučaju pojavljuje 1 put, dok je vrijednost minimalnog protoka $90,2 \text{ m}^3/\text{s}$ zadnja točka krivulje koja se pojavljuje 365 dana, odnosno njena učestalost je 100 %.



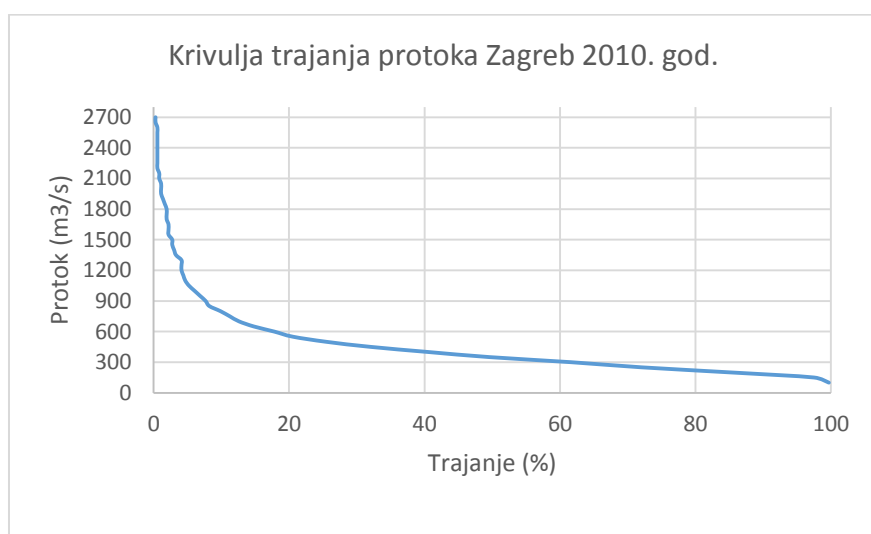
Slika 5.1.: Krivulja trajanja protoka s naznačenim protokom $1000 \text{ m}^3/\text{s}$

U nastavku su dane krivulje trajanja gdje je vrijeme izraženo u postotku (%) (Slika 5.2. – Slika 5.8.). Naime, kada se kod krivulje trajanja protoka vrijeme iskaže u postotcima, mogu se odrediti karakteristične vrijednosti protoka. U ovom radu određene su karakteristične vrijednosti Q_{95} , Q_{90} , Q_{50} i Q_{10} .

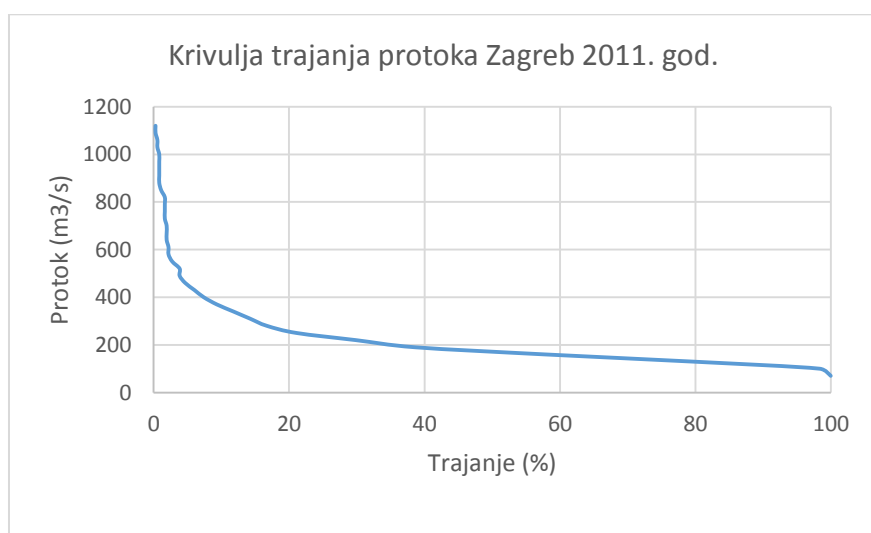
Q_{95} predstavlja 95 postotni protok, odnosno vrijednost protoka koja se pojavljuje 95% promatranog vremena. Određuje se tako da se za 95 postotnu vrijednost x-osi (vremena) očita vrijednost krivulje trajanja, tj. vrijednost protoka na y-osi. Analogno, vrijedi i za Q_{90} , Q_{50} i Q_{10} . Te karakteristične vrijednosti se dane pored slika krivulja trajanja protoka.



Q ₉₅ (m ³ /s)	150
Q ₉₀ (m ³ /s)	180
Q ₅₀ (m ³ /s)	280
Q ₁₀ (m ³ /s)	620

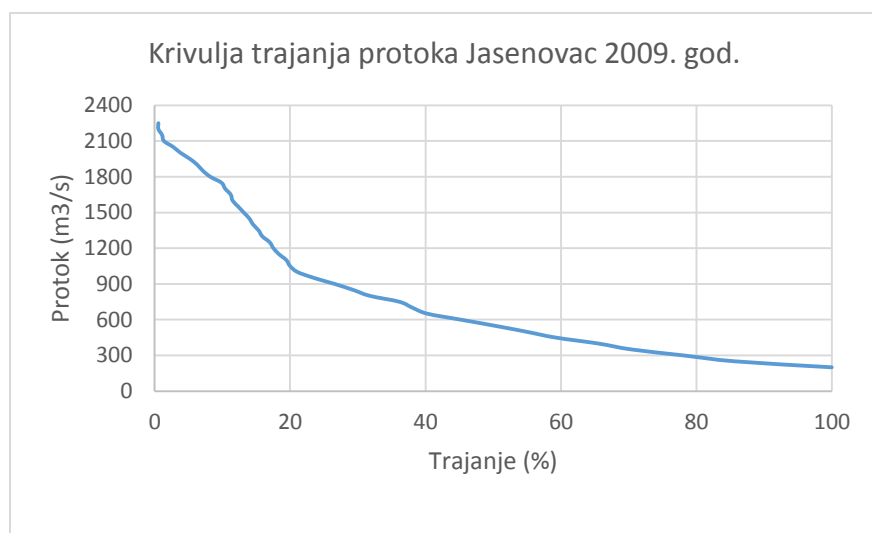


Q ₉₅ (m ³ /s)	180
Q ₉₀ (m ³ /s)	190
Q ₅₀ (m ³ /s)	250
Q ₁₀ (m ³ /s)	790

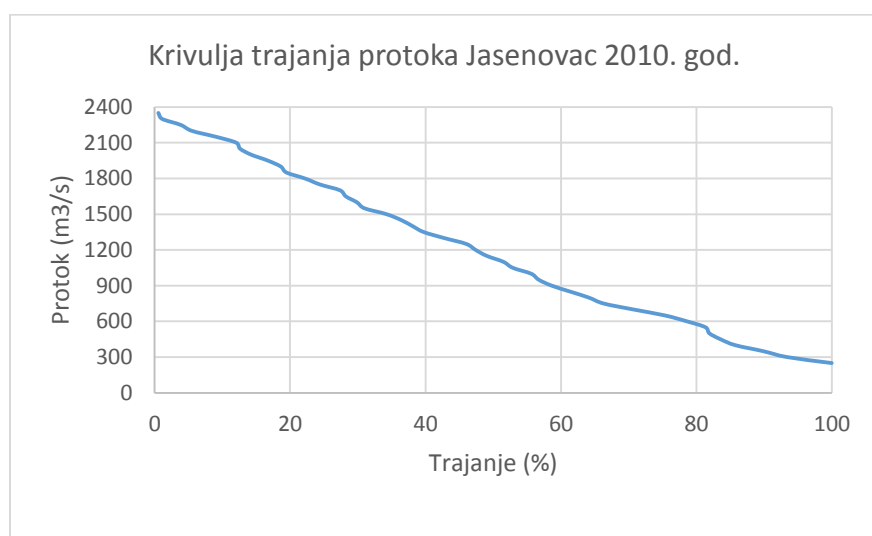


Q ₉₅ (m ³ /s)	110
Q ₉₀ (m ³ /s)	120
Q ₅₀ (m ³ /s)	170
Q ₁₀ (m ³ /s)	370

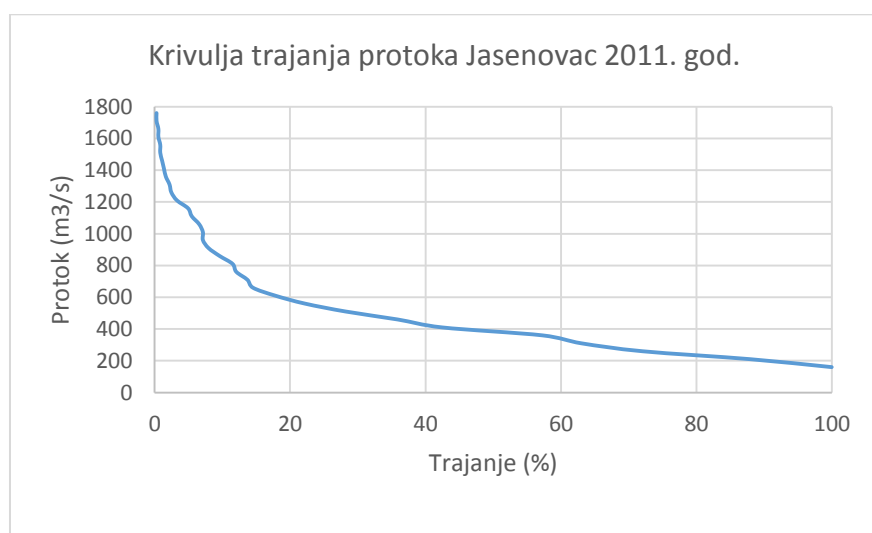
Slika 5.2.: Krivulje trajanja protoka „Zagreb“ s karakterističnim vrijednostima za 2009.-2011.god.



Q95 (m3/s)	220
Q90 (m3/s)	940
Q50 (m3/s)	560
Q10 (m3/s)	1730

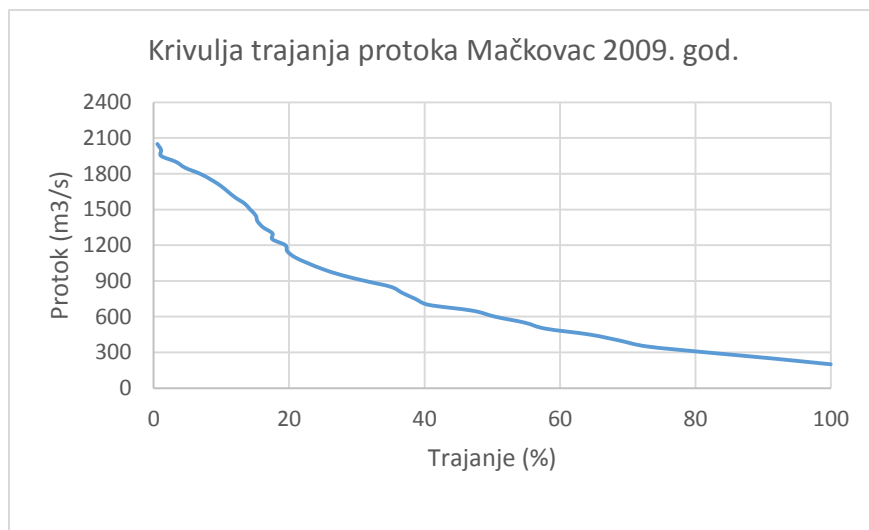


Q95 (m3/s)	280
Q90 (m3/s)	350
Q50 (m3/s)	1130
Q10 (m3/s)	2140

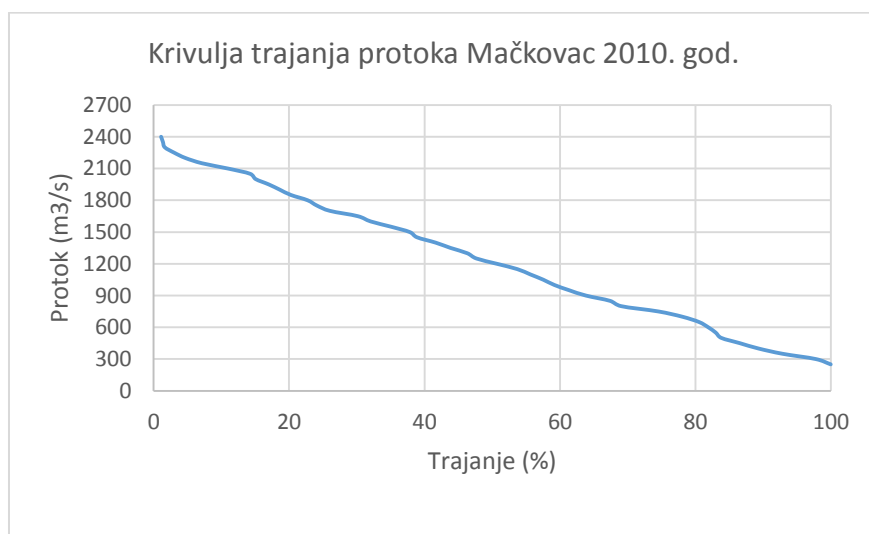


Q95 (m3/s)	190
Q90 (m3/s)	205
Q50 (m3/s)	390
Q10 (m3/s)	850

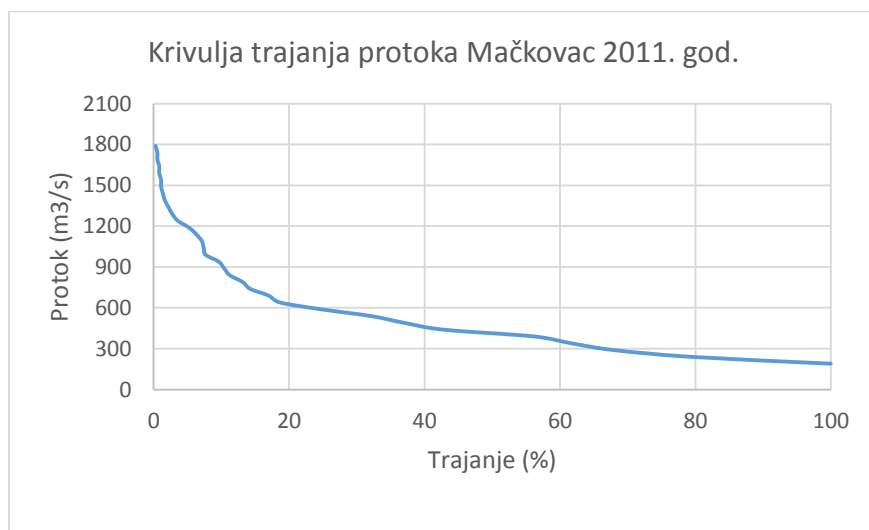
Slika 5.3.: Krivulje trajanja protoka „Jasenovac“ s karakterističnim vrijednostima za 2009. - 2011.god.



Q ₉₅ (m3/s)	240
Q ₉₀ (m3/s)	270
Q ₅₀ (m3/s)	600
Q ₁₀ (m3/s)	1690

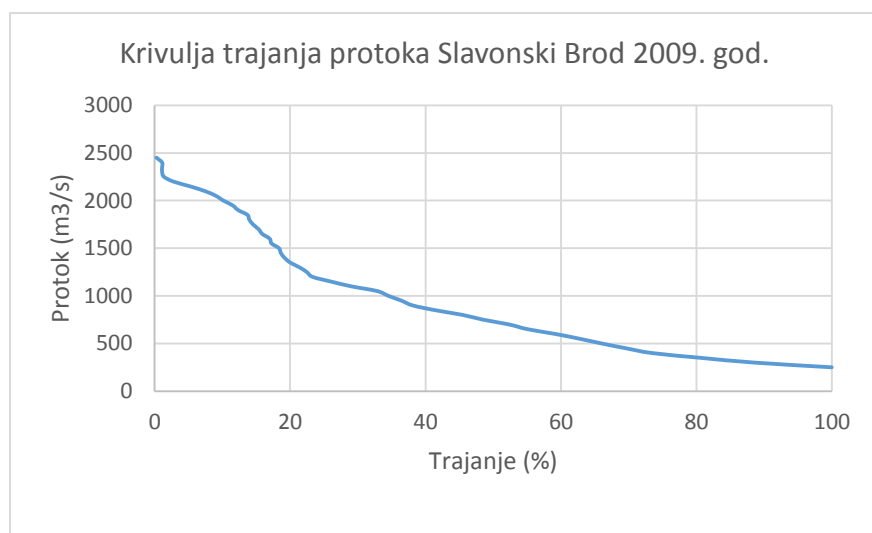


Q ₉₅ (m3/s)	330
Q ₉₀ (m3/s)	390
Q ₅₀ (m3/s)	1200
Q ₁₀ (m3/s)	2110

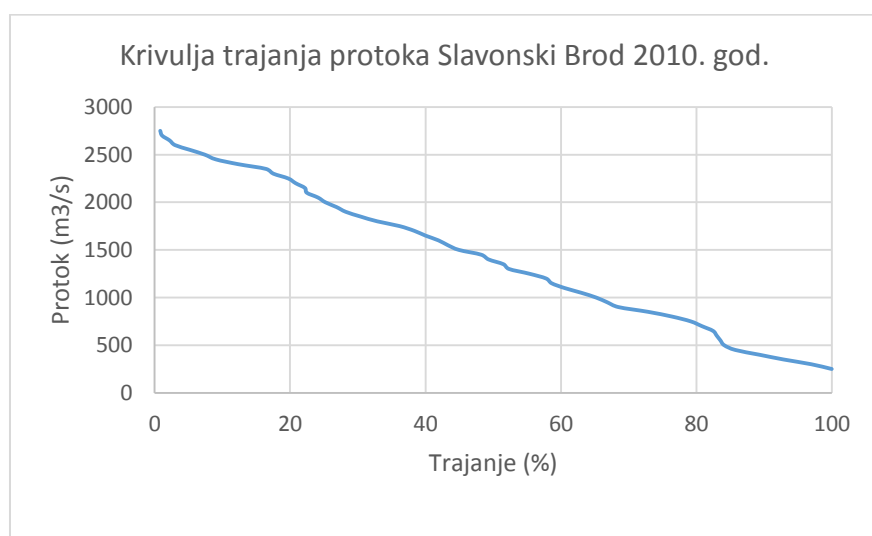


Q ₉₅ (m3/s)	200
Q ₉₀ (m3/s)	210
Q ₅₀ (m3/s)	410
Q ₁₀ (m3/s)	920

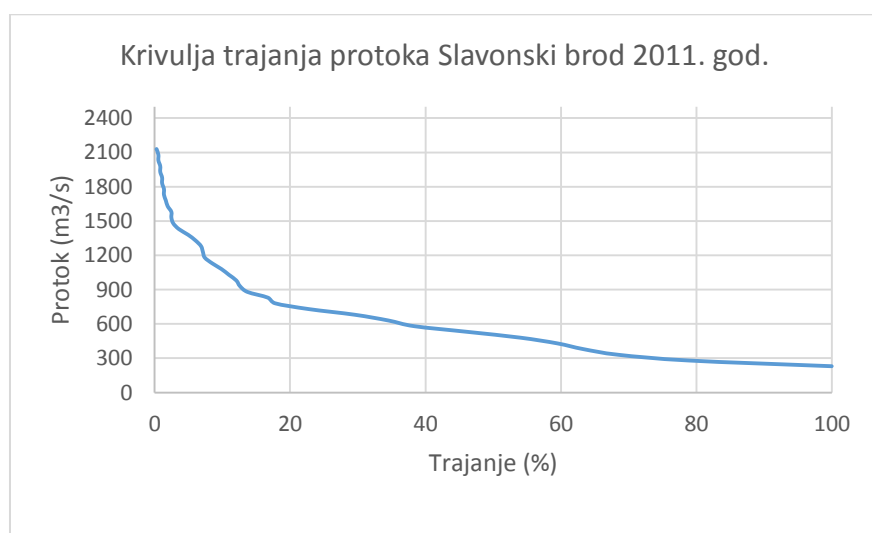
Slika 5.4.: Krivulje trajanja protoka „Mačkovac“ s karakterističnim vrijednostima za 2009.-2011.god.



Q95 (m3/s)	280
Q90 (m3/s)	290
Q50 (m3/s)	730
Q10 (m3/s)	2000

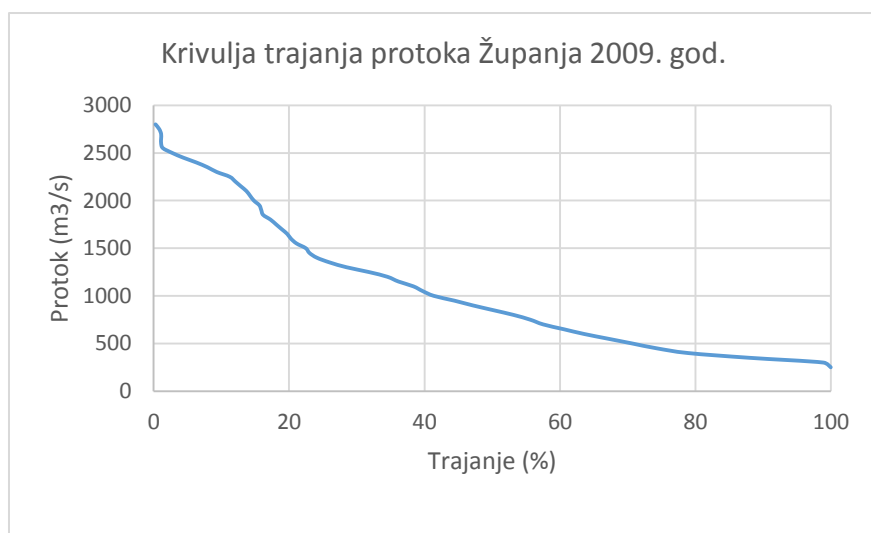


Q95 (m3/s)	320
Q90 (m3/s)	380
Q50 (m3/s)	1390
Q10 (m3/s)	2430

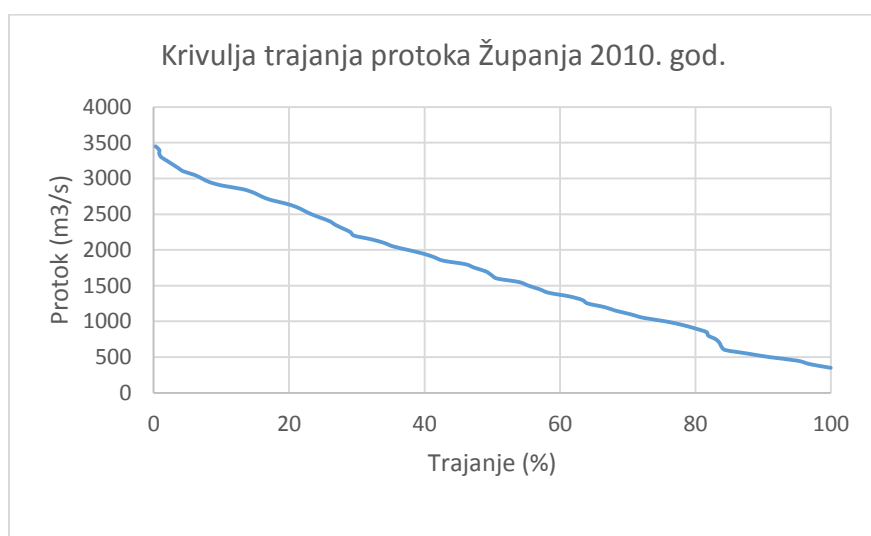


Q95 (m3/s)	250
Q90 (m3/s)	280
Q50 (m3/s)	510
Q10 (m3/s)	1080

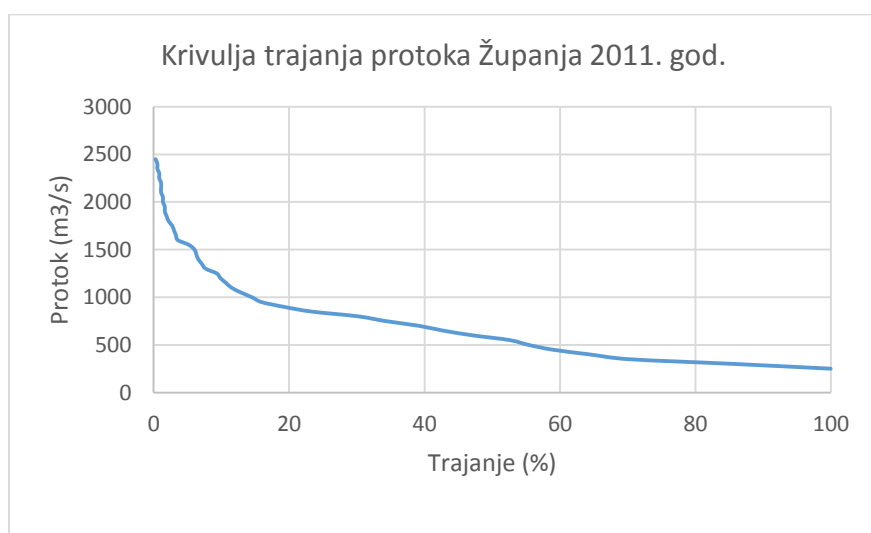
Slika 5.5.: Krivulje trajanja protoka „Slavonski Brod“ s karakterističnim vrijednostima za 2009.-2011.god.



Q95 (m3/s)	320
Q90 (m3/s)	350
Q50 (m3/s)	820
Q10 (m3/s)	2280

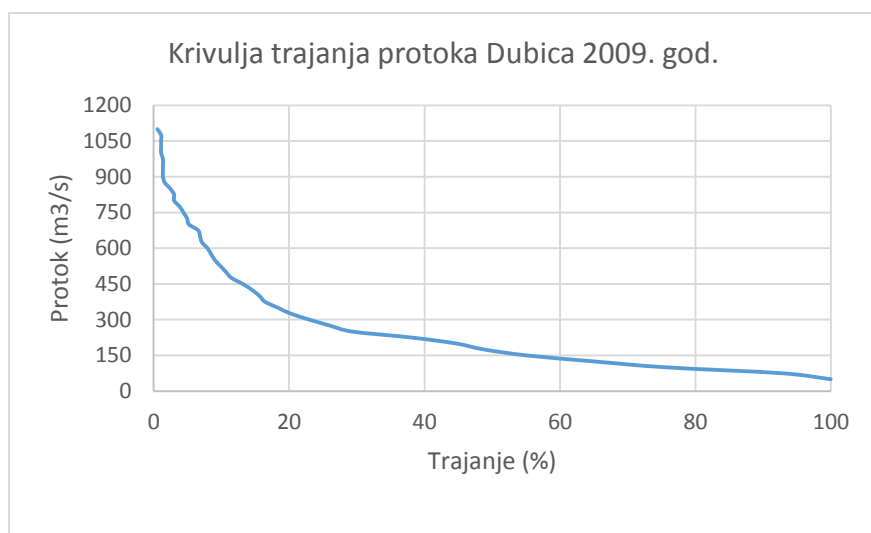


Q95 (m3/s)	450
Q90 (m3/s)	520
Q50 (m3/s)	1630
Q10 (m3/s)	2900

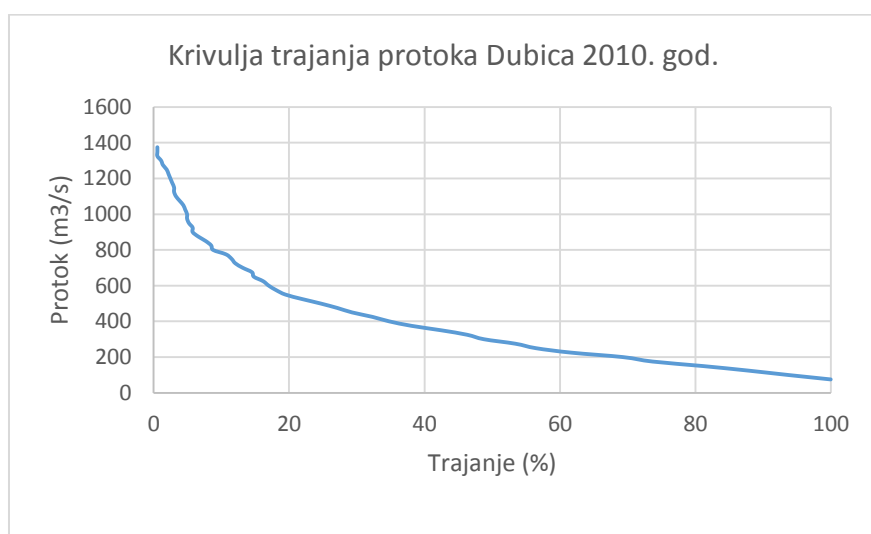


Q95 (m3/s)	270
Q90 (m3/s)	290
Q50 (m3/s)	580
Q10 (m3/s)	1200

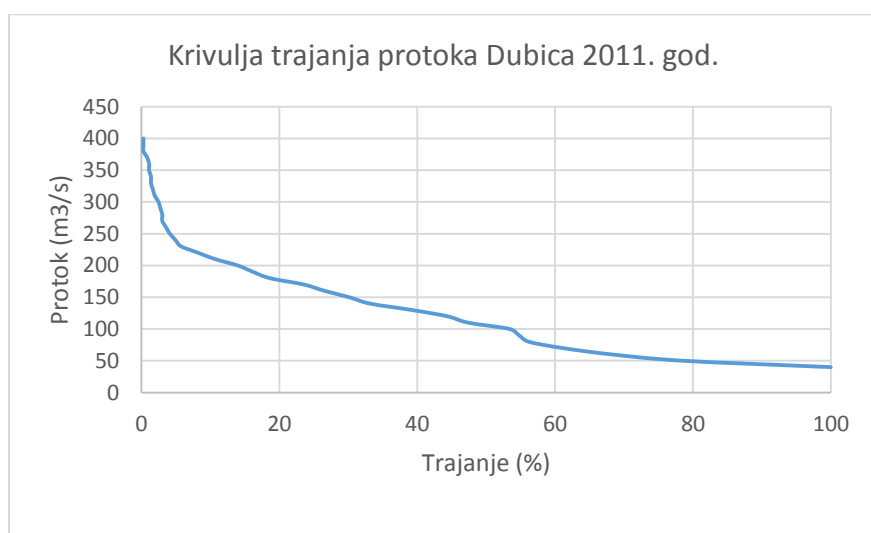
Slika 5.6.: Krivulje trajanja protoka „Županja“ s karakterističnim vrijednostima za 2009.-2011.god.



Q95 (m3/s)	70
Q90 (m3/s)	80
Q50 (m3/s)	170
Q10 (m3/s)	520

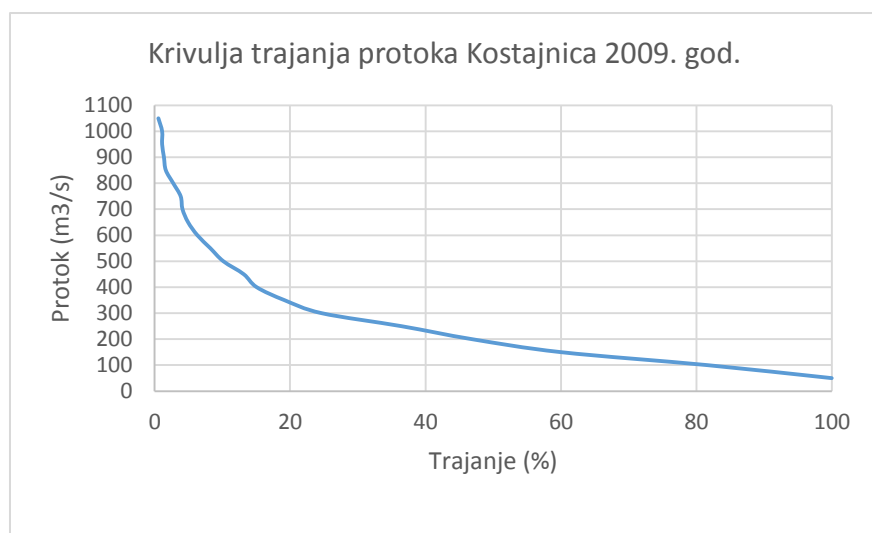


Q95 (m3/s)	90
Q90 (m3/s)	110
Q50 (m3/s)	290
Q10 (m3/s)	770

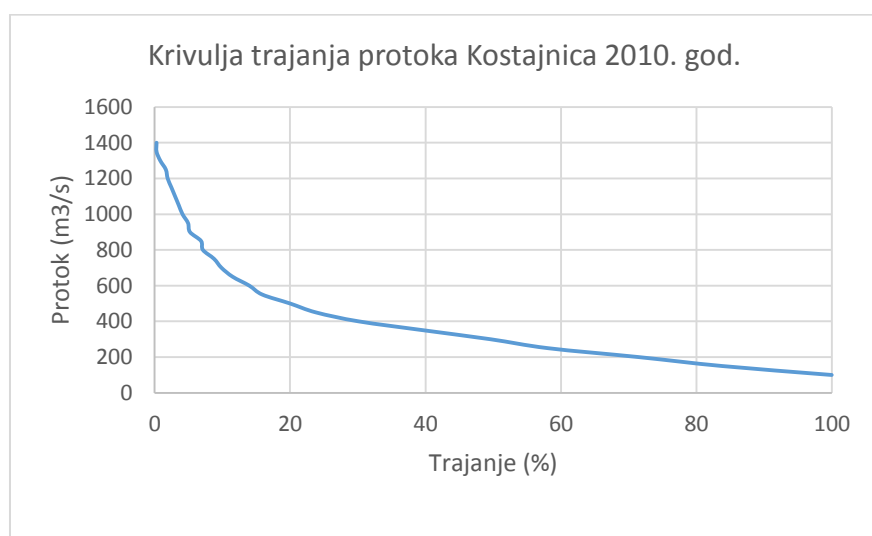


Q95 (m3/s)	40
Q90 (m3/s)	45
Q50 (m3/s)	105
Q10 (m3/s)	210

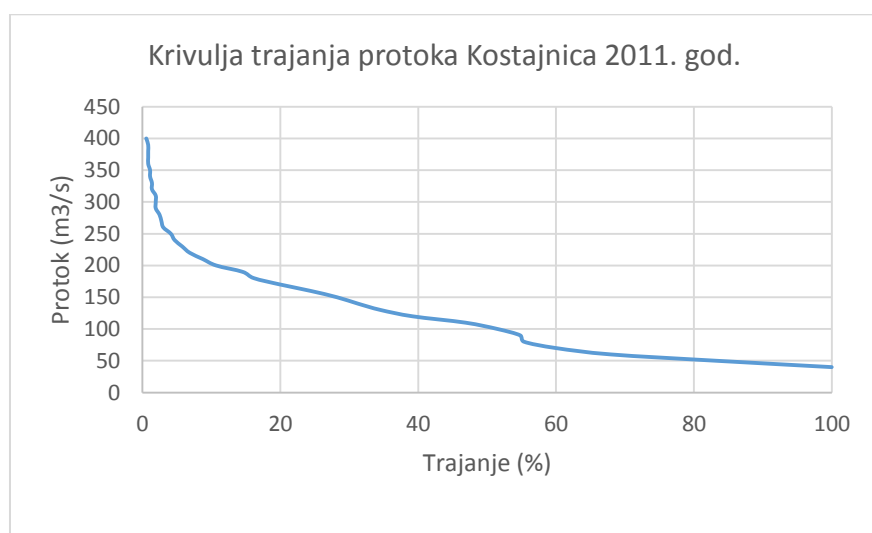
Slika 5.7.: Krivulje trajanja protoka „Dubica“ s karakterističnim vrijednostima za 2009.-2011.god.



Q95 (m3/s)	60
Q90 (m3/s)	80
Q50 (m3/s)	180
Q10 (m3/s)	500



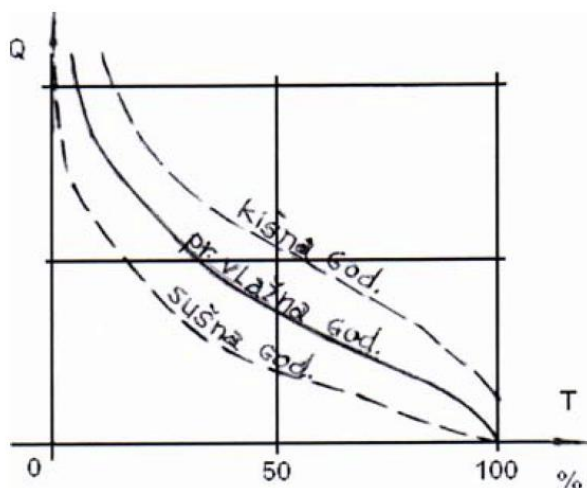
Q95 (m3/s)	110
Q90 (m3/s)	130
Q50 (m3/s)	300
Q10 (m3/s)	695



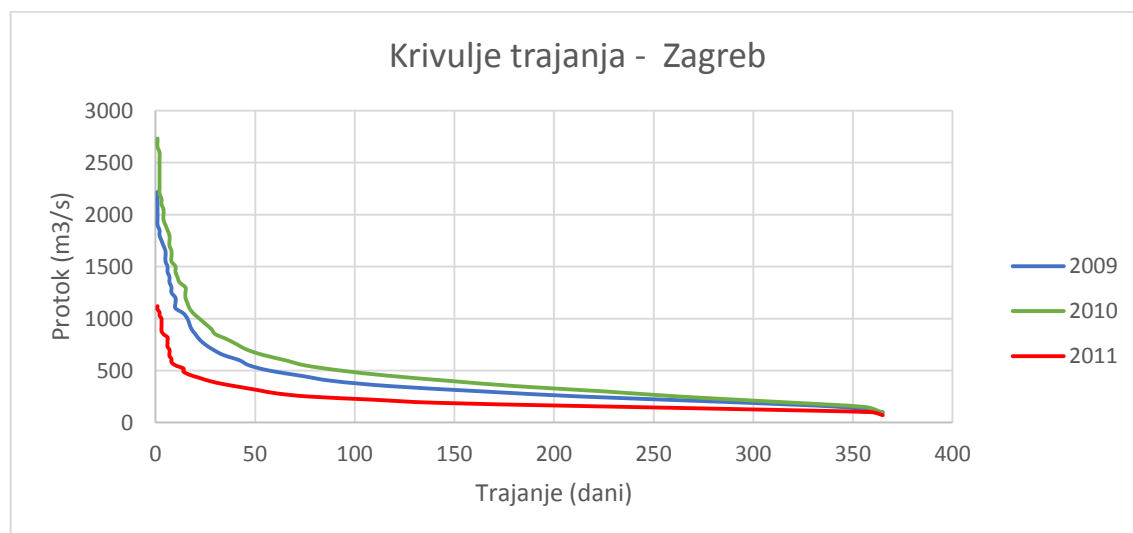
Q95 (m3/s)	40
Q90 (m3/s)	45
Q50 (m3/s)	105
Q10 (m3/s)	205

Slika 5.8.: Krivulje trajanja protoka „Kostajnica“ s karakterističnim vrijednostima za 2009.-2011.god.

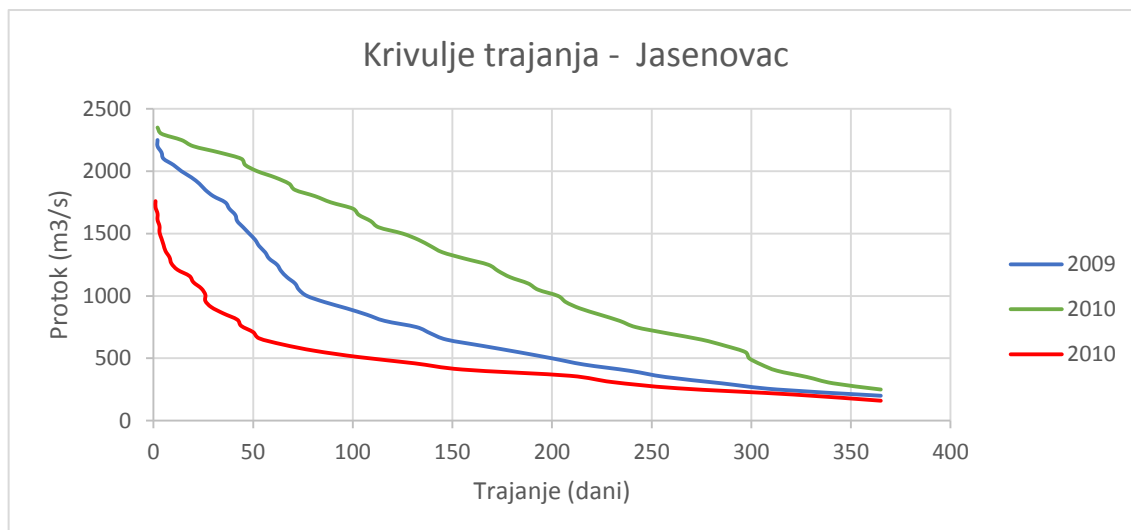
Osim što se mogu očitati karakteristične vrijednosti krivulje trajanja, ona može služiti i za određivanje sušne, odnosno kišne godine za neku mjernu stanicu (Slika 5.9.). Tako se i u nastavku (Slika 5.10. – Slika 5.16.) za svaku mjernu stanicu i za sve tri godine za koje se vrše analize, jasno vidi kako je na mjernim stanicama 2010. godina bila ona s najviše oborina (jer krivulje imaju najveći nagib što ukazuje na najveću količinu oborina), dok se primjeti kako je 2009. godina bila prosječno vlažna, a 2011. godina sušna, tj. godina sa najmanjom količinom oborina.



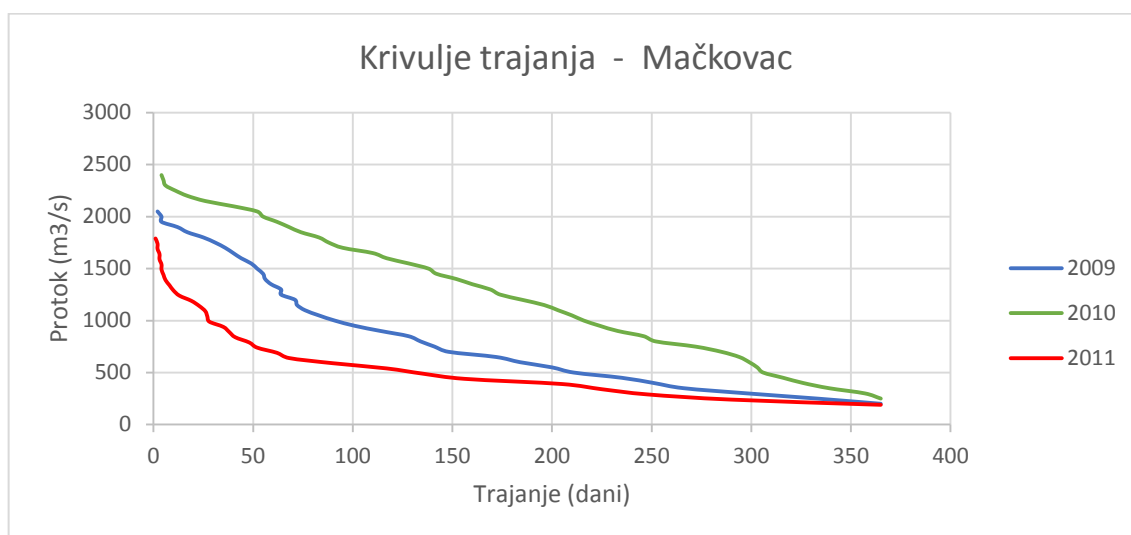
Slika 5.9.: Teorijske krivulje trajanja protoka za vlažnu, približno vlažnu (prosječnu) i sušnu godinu



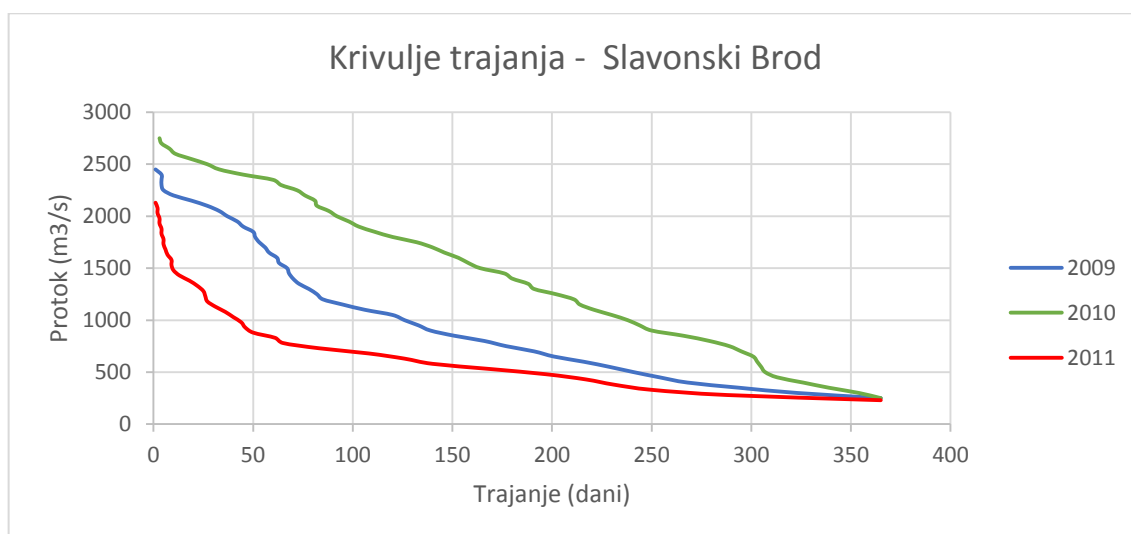
Slika 5.10.: Krivulje trajanja protoka „Zagreb“ za 2009. – 2011. godinu



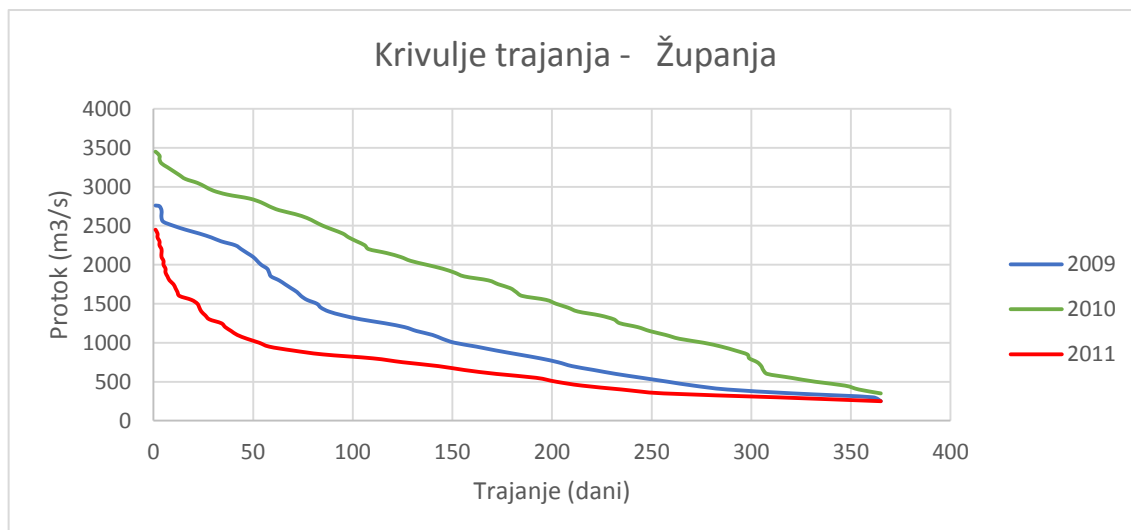
Slika 5.11.: Krivulje trajanja protoka „Jasenovac“ za 2009. – 2011. godinu



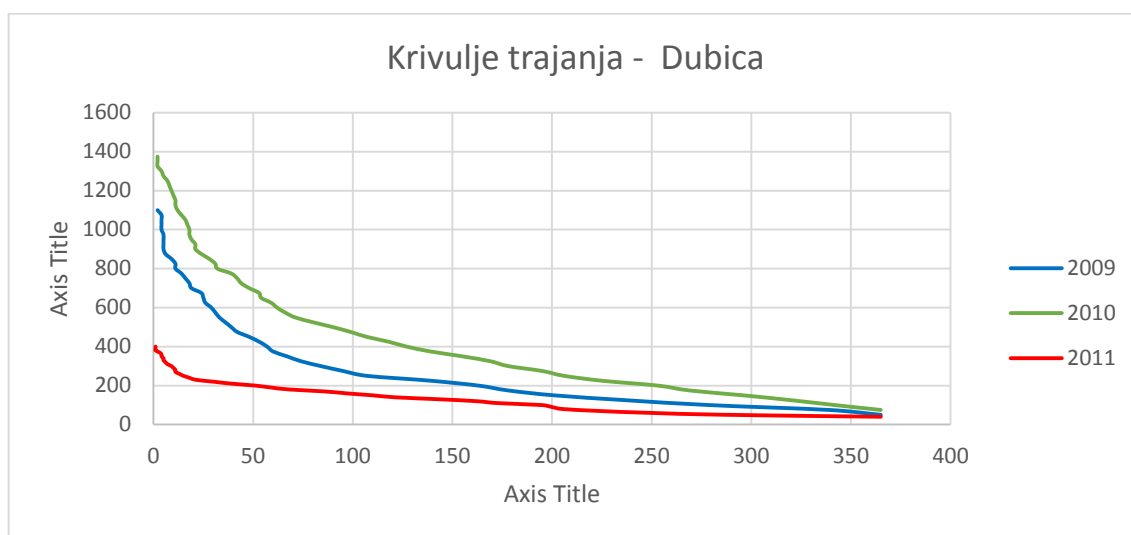
Slika 5.12.: Krivulje trajanja protoka „Mačkovac“ za 2009. – 2011. godinu



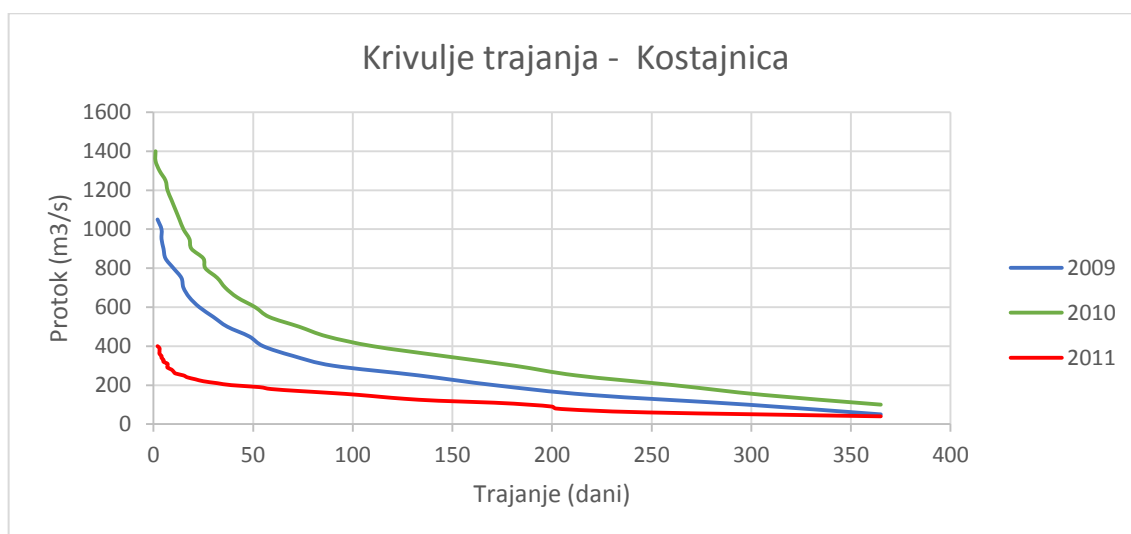
Slika 5.13.: Krivulje trajanja protoka „Slavonski Brod“ za 2009. – 2011. godinu



Slika 5.14.: Krivulje trajanja protoka „Županja“ za 2009. – 2011. godinu



Slika 5.15.: Krivulje trajanja protoka „Dubica“ za 2009. – 2011. godinu



Slika 5.16.: Krivulje trajanja protoka „Kostajnica“ za 2009. – 2011. godinu

5.2. Krivulja trajanja protoka u modulnim koeficijentima

Protoci u modulnim koeficijentima su članovi nekog niza protoka podijeljeni sa svojim prosjekom.

$$\frac{Q}{Q_{sr}} = \text{modulni koeficijent}$$

Ako se protoci svedu na modulne koeficijente i izvedu krivulje trajanja protoka za različite hidrološke profile, te iste krivulje se mogu međusobno uspoređivati. Na osnovi modulnih koeficijenta moguće je uspoređivati hidrološke vrijednosti protoka, ali i oborina. Modulnim koeficijentima se najčešće prikazuju srednji mjesečni i godišnji protoci, prosječni mjesečni i godišnji protoci te maksimalni i minimalni godišnji protoci. Također, vrlo su pogodni za analiziranje promjene vodnog režima na jednom hidrometrijskom profilu za dva različita vremenska razdoblja.

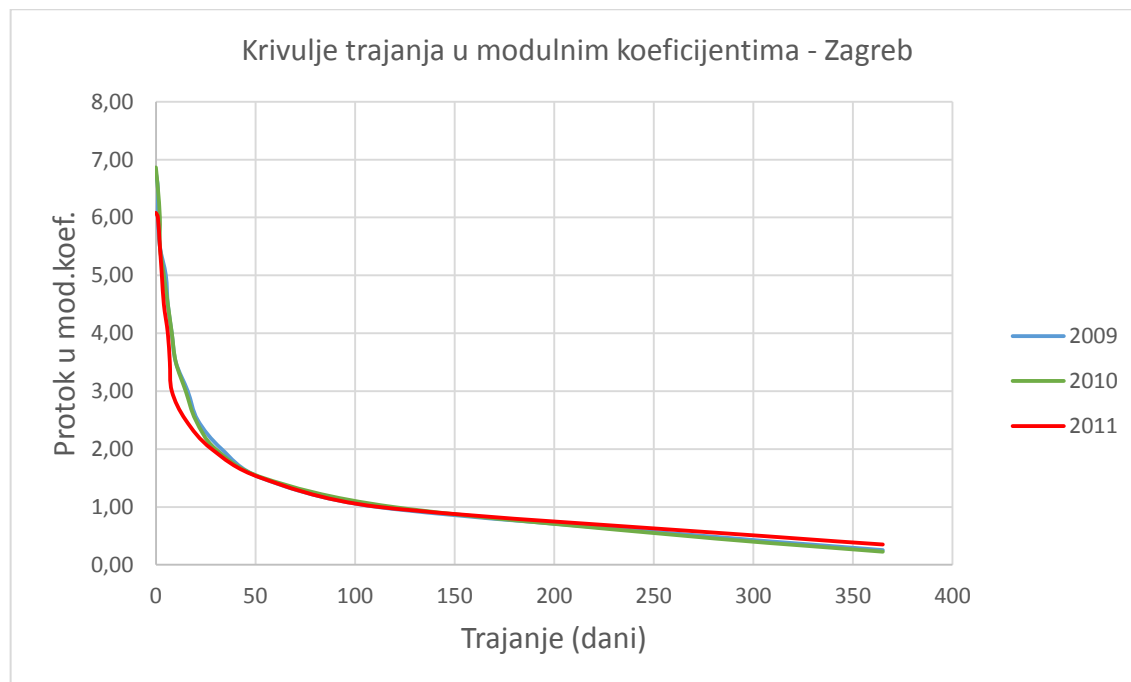
Qsr (m3/s)		
Zagreb	2009.	312,5
	2010.	398,0
	2011.	183,6
Jasenovac	2009.	681,2
	2010.	1136,0
	2011.	407,0
Mačkovac	2009.	713,5
	2010.	1190,7
	2011.	437,5
Slavonski Brod	2009.	850,3
	2010.	1414,7
	2011.	530,2
Županja	2009.	991,6
	2010.	1654,8
	2011.	613,8
Kostajnica	2009.	198,2
	2010.	314,7
	2011.	104,6
Dubica	2009.	216,1
	2010.	354,2
	2011.	107,8

Tablica 5.2.: Vrijednosti srednjih protoka za promatrane mjerne stanice za 2009.-2011. god.

Krivulje trajanja u modulnim koeficijentima najčešće služe za uspoređivanje samih krivulja trajanja i to u različitim hidrološkim profilima, dok se u ovom radu koriste za uspoređivanje krivulja u mjernim stanicama, a što se u praksi koristi za ocjenjivanje mogućnosti za upotrebu vode u zahvatima pojedinih profila na različitim vodotocima.

Krivulje trajanja protoka u modulnim koeficijentima, osim za međusobno uspoređivanje, koriste se i za njihovo konstruiranje u profilima vodotoka u kojima nema podataka o protocima od hidroloških mjerenja. U tom slučaju je poželjeno da postoje krivulje trajanja u barem dva hidrometrijska profila, uzvodno i nizvodno od promatranog profila. U slučaju da za promatrani profil ne postoji dovoljno podataka za definirati krivulju trajanja, mogu se razmatrati podaci prikupljeni na vodotocima u užem području (područje s vodotocima sličnih glavnih značajki otjecanja kao promatrani vodotok).

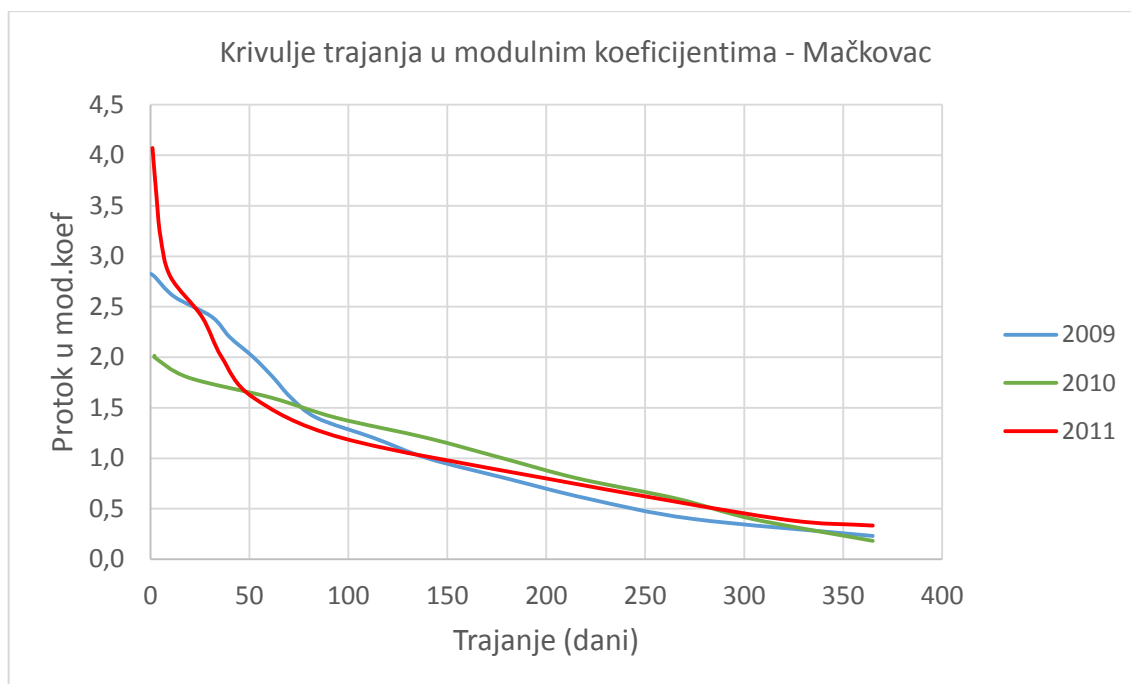
U ovom radu svi protoci iz Priloga 1 su podijeljeni sa srednjim vrijednostima iz Tablice 5.2. te su napravljene krivulje trajanja u modulnim koeficijentima na ordinati koje se priložene u nastavku na slikama 5.17. do 5.23. Primjete se određena odstupanja pri većim vrijednostima protoka u modulnim koeficijentima dok se krivulje dosta preklapaju pri nižim vrijednostima.



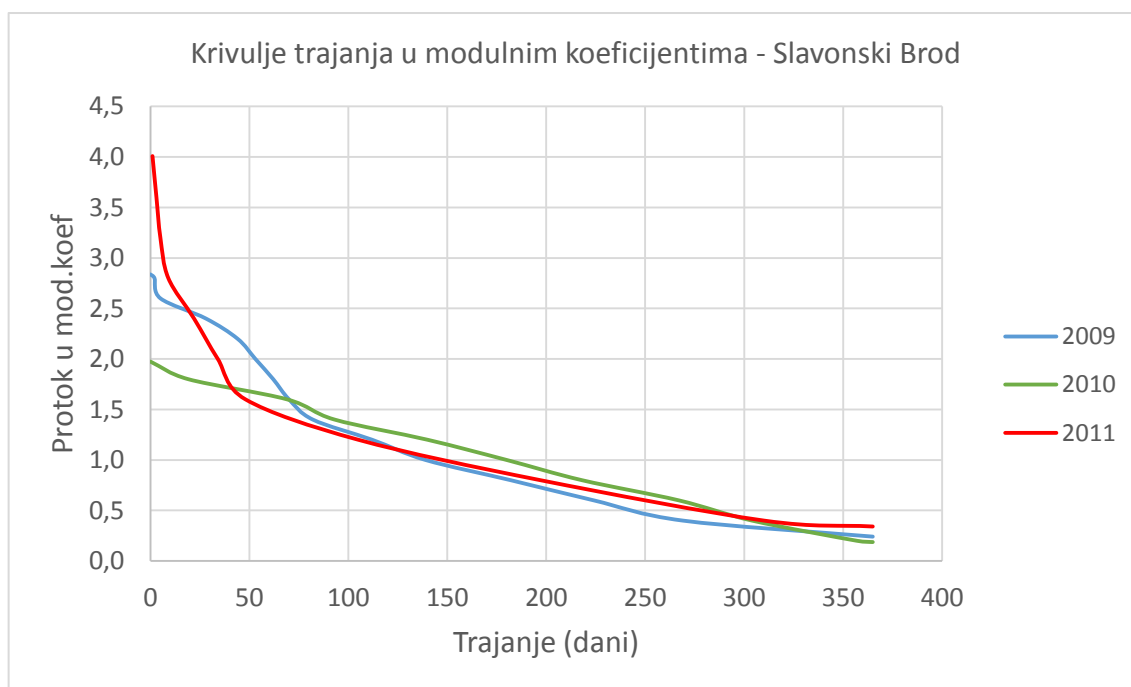
Slika 5.17.: Krivulje trajanja protoka u modulnim koeficijentima – Zagreb – 2009.–2011. god.



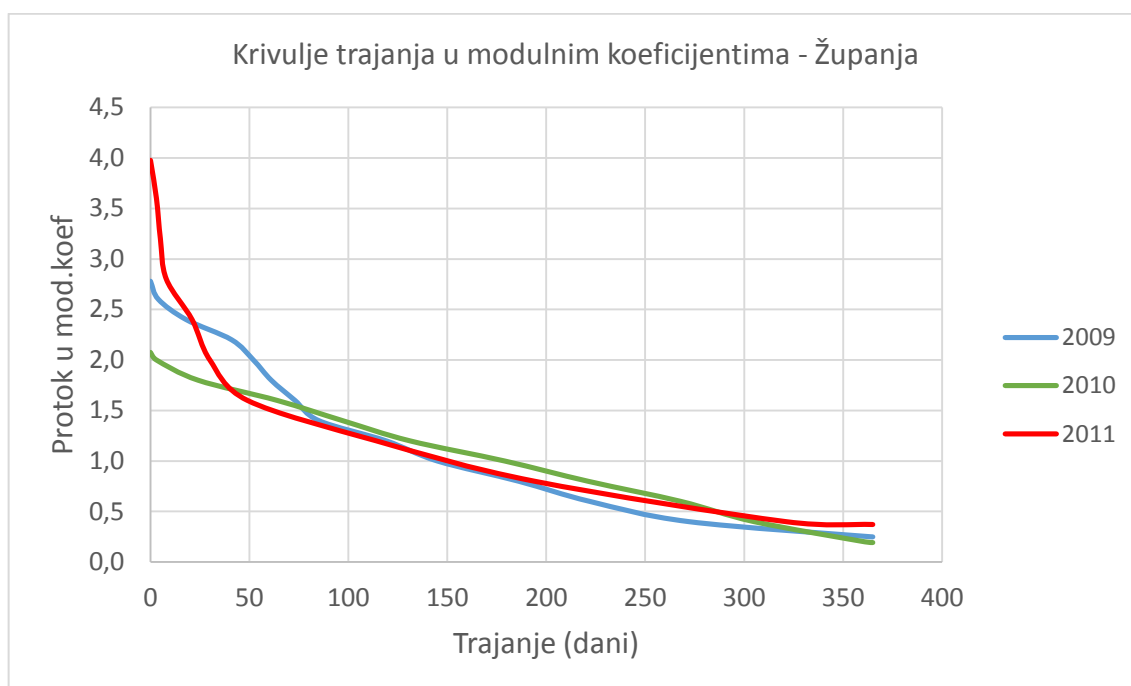
Slika 5.18.: Krivulje trajanja protoka u modulnim koeficijentima – Jasenovac – 2009.–2011. god.



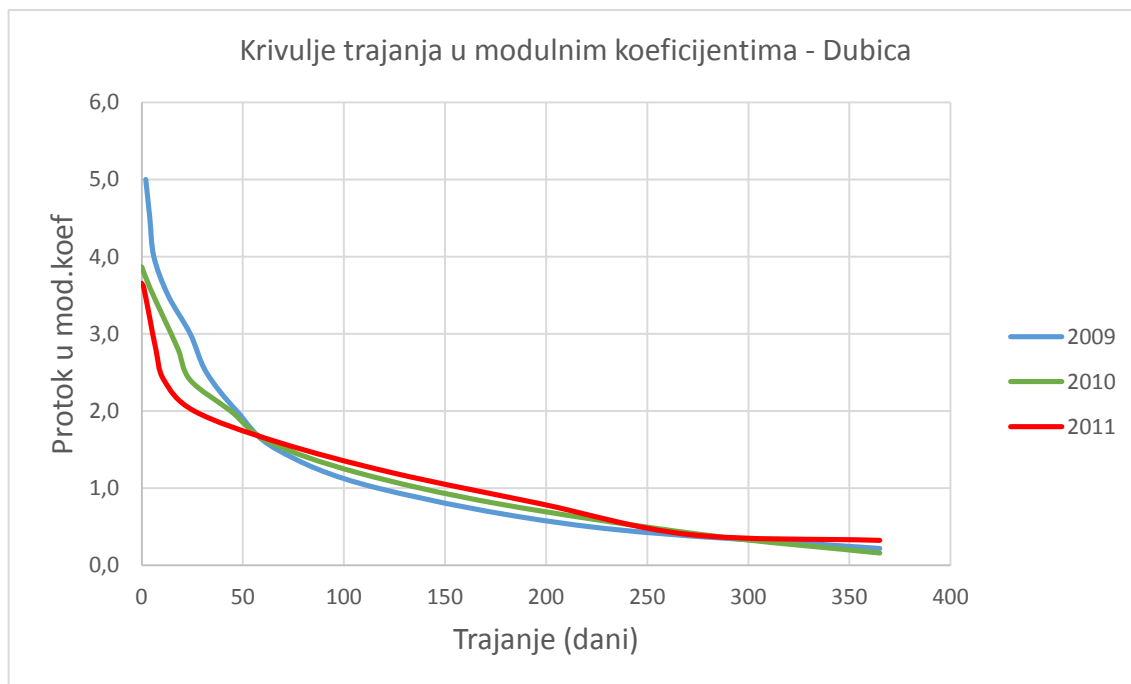
Slika 5.19.: Krivulje trajanja protoka u modulnim koeficijentima – Mačkovac – 2009.–2011. god.



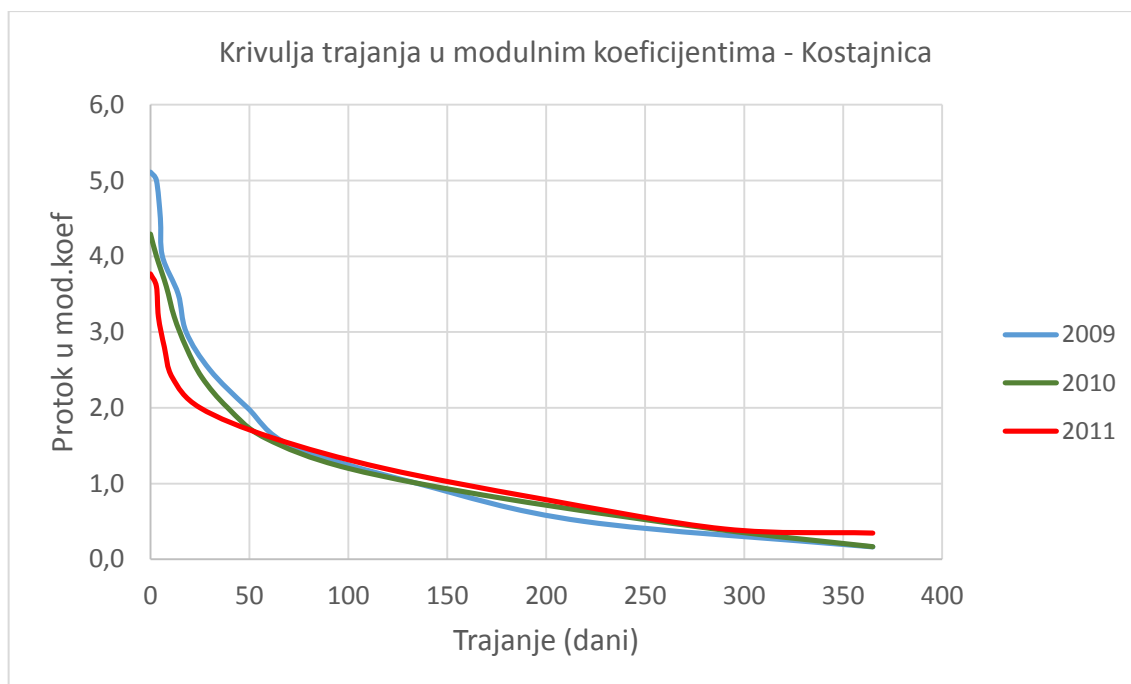
Slika 5.20.: Krivulje trajanja protoka u modulnim koeficijentima – Slavonski Brod – 2009.–2011. god.



Slika 5.21.: Krivulje trajanja protoka u modulnim koeficijentima – Županja – 2009.–2011. god.



Slika 5.22.: Krivulje trajanja protoka u modulnim koeficijentima – Dubica– 2009.–2011. god.



Slika 5.23.: Krivulje trajanja protoka u modulnim koeficijentima – Kostajnica – 2009.–2011. god.

5.3. Korištenje krivulje trajanja protoka kao alat za provjeru kvalitete podataka

Osim prethodno obrađenih metoda „crtanja“ krivulja trajanja, postoji metoda koji je nedavno predložena u inženjerskoj hidrologiji kao alat za određivanje kvalitete podataka, prvenstveno podataka o protocima. Metoda je primijenjena na podacima Rivers Agency-e u Sjevernoj Irskoj, što dovodi do povećanog povjerenja u bazu podataka. Predlaže se korištenje dugoročnih krivulja trajanja protoka kao pokazatelj kvalitete. Ova metoda vizualno ističe nepravilnosti u podacima riječnih tokova i omogućuje lako pronalaženje vrste i lokacije pogreške.

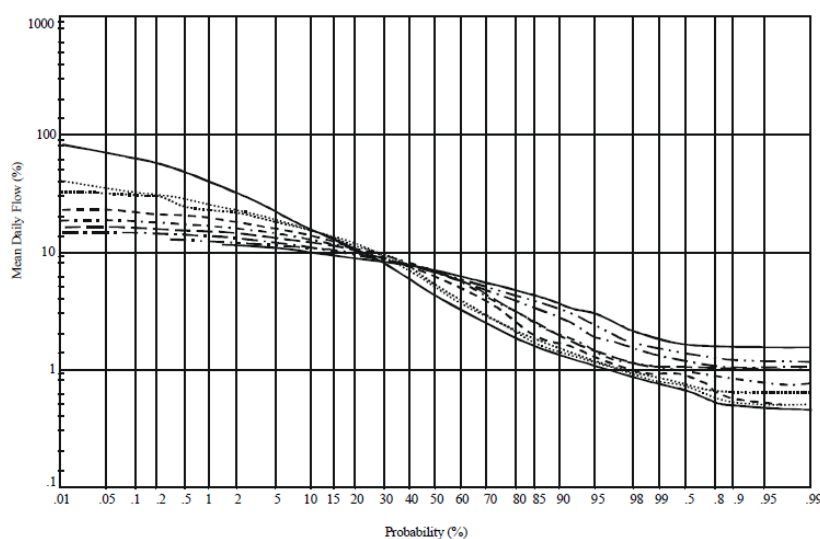
Izvor pogrešaka može biti raznolik, recimo pogreške zbog instrumenata na mjernim stanicama. Najčešće pogreške starijih tipova instrumenata su mehaničke naravi, primjerice trzaji u mehanizmima zupčanika koji mogu uvesti nepravilnosti u kretanju olovke snimača ili vremenske pogreške uzrokovane mehaničkim satovima. To rezultira manjkavim podacima u obje horizontalne i vertikalne osi krivulje trajanja. Noviji, moderni instrumenti imaju točnije podatke, ali i tu se javljaju određene pogreške. Pogreške su najčešće uzrokovane prijenosom podataka na računala tj. prilikom digitalizacije, što je mukotrpan i dugotrajan posao. Podaci prenijeti na ovaj način zahtijevaju dodatnu kontrolu kvalitete, jer je obično nemoguće vizualizirati podatke dok se oni preuzimaju na računalo.

Pogreške kod mjerenja i snimanja hidroloških podataka se često javljaju zbog loše kalibriracije (podešavanja instrumenta). Loše kalibrirane postaje daju netočne podatke sa odstupanjem (Hersch, 1985). To ne iznenađuje, jer se uvjeti na postajama često mijenjaju i kompleksno ih je pratiti. Do pogreške može doći zbog rasta korova, riječnih retencija, umirućih bunara itd. Na lošu kalibraciju može utjecati i nekvalitetna izgradnja stanice, kao i nedostatak održavanja iste.

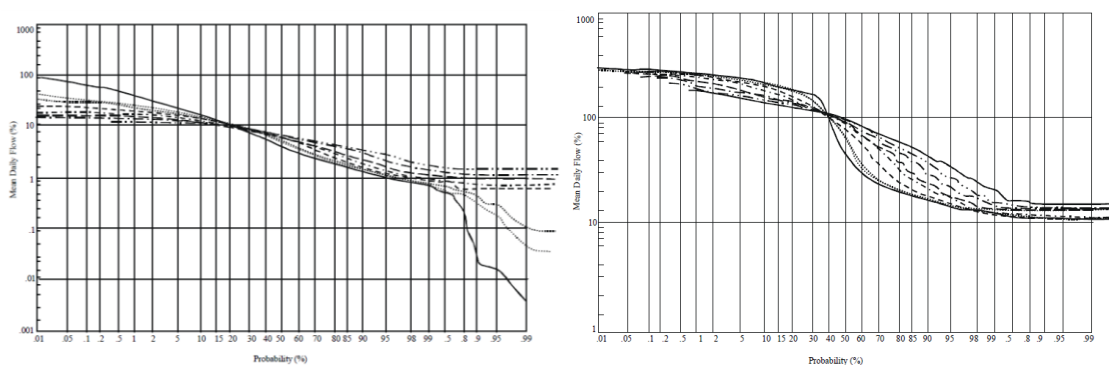
Potreba za ovakvom metodom za provjeru kvalitete podataka s hidroloških mjernih postaja pojavila se u Rivers Agency-i iz Sjeverne Irske prilikom prijenosa podataka (od onih ručno mjerenih do onih mjerenih najmodernijim metodama) na računalima, ali i zbog potrebe za jednostavnom objektivnom metodom koja će naglasiti koje mjerne postaje imaju sumnjiv protok podataka.

Rivers Agency ima zapise postaja duge oko 1500 godina u svojoj računalnoj bazi podataka za cca. 100 stanica. Zbog veličine baze podataka nije moguće provjeriti svaku godinu stanice. Samo 51 od tih stanica su korištene u ovom istraživanju, a ostale su isključene jer nemaju dovoljnu duljinu zapisa na računalu (šest ili više godina) ili nisu kalibrirane.

Krivulja trajanja protoka za ovu metodu nacrtana je u protočnoj logaritamskoj skali kao ordinata i u postotku vremena kao apscisa (Slika 5.24.). Metoda je dobra iz razloga što se vrlo jednostavno mogu vizualno uočiti pogreške u podacima (Slika 5.25.).

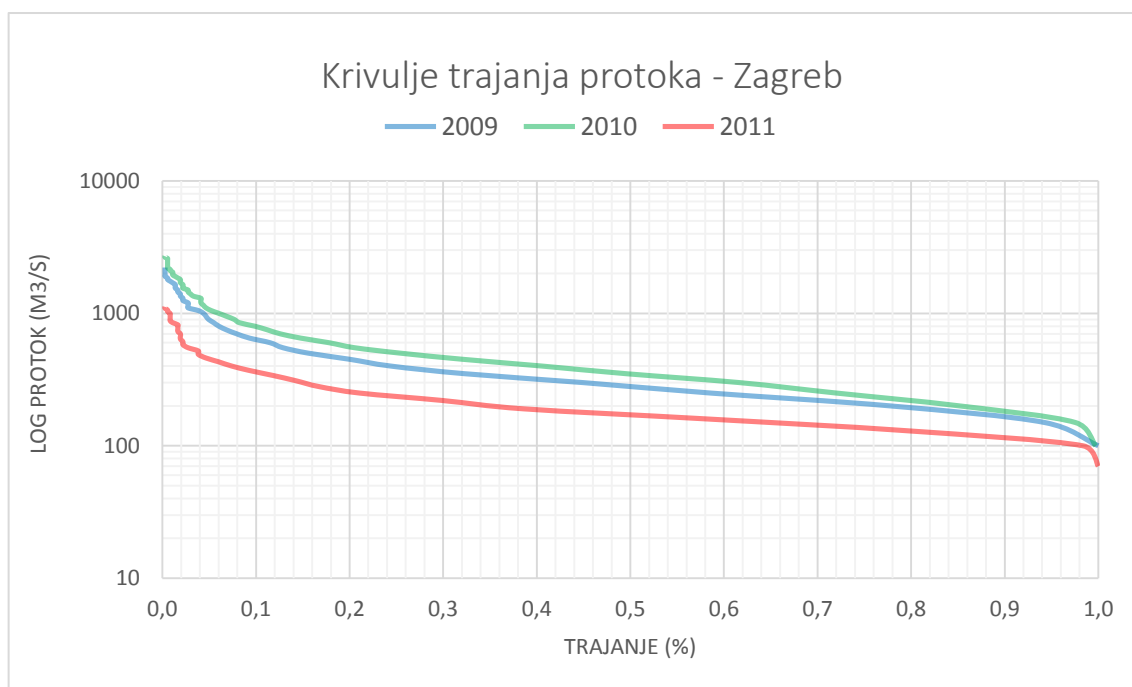


Slika 5.24.: Krivulja trajanja protoka za rijeku Ballinderry, tipična za kvalitetno snimljene podatke

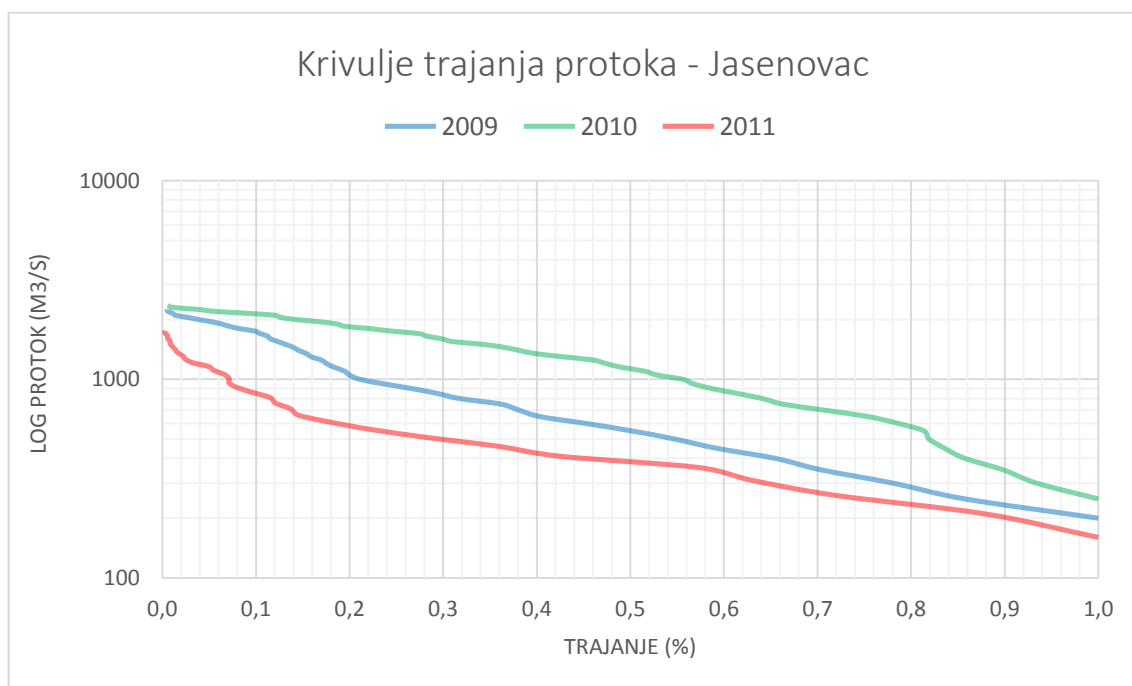


Slika 5.25.: Primjeri krivulja podataka s pogreškama u podacima za rijeke Camowen i Lower Bann

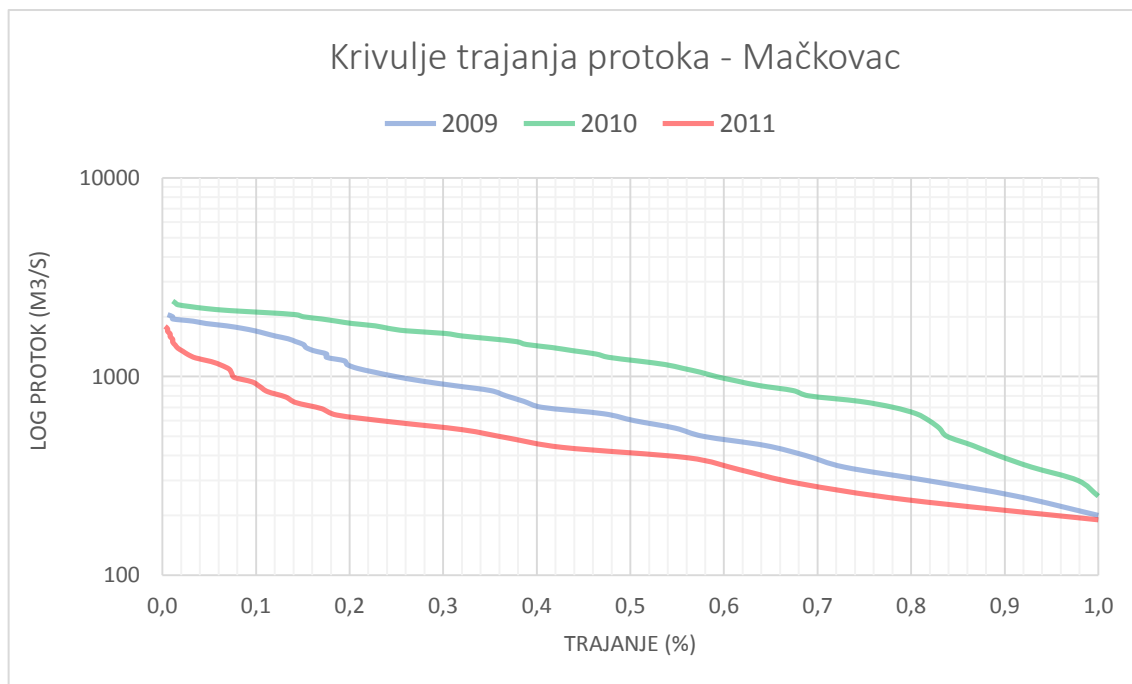
U nastavku su dane krivulje trajanja protoka u polu-logaritamskom mjerilu za mjerne stanice koje se analiziraju u radu (Slika 5.26. – Slika 5.32.).



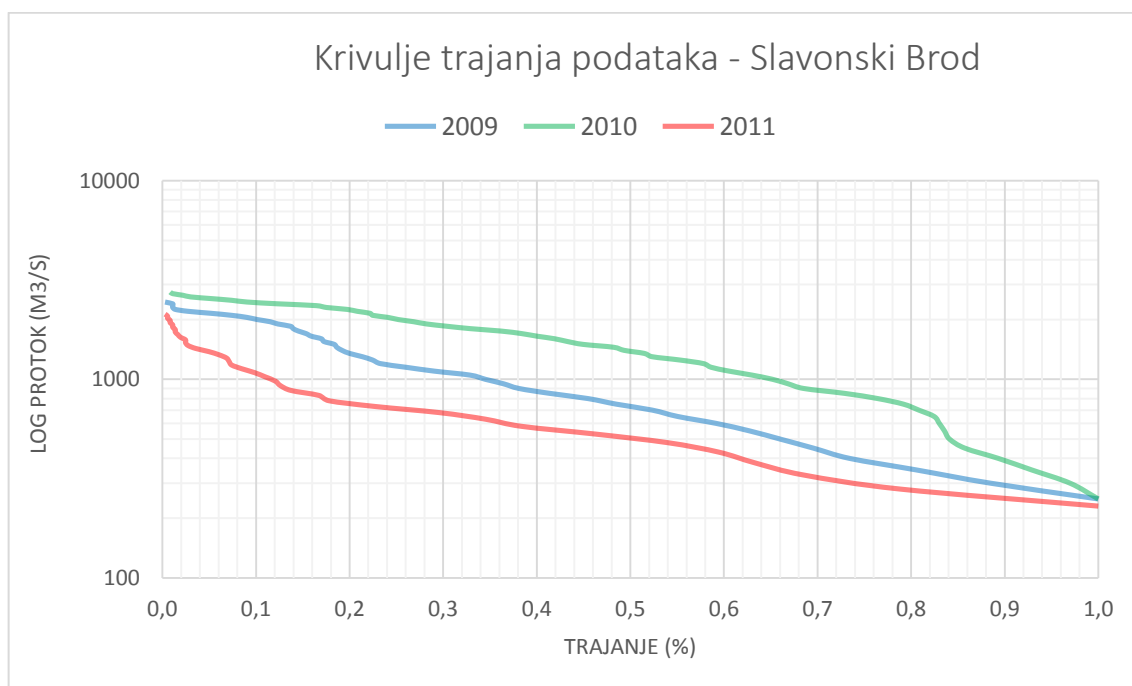
Slika 5.26.: Krivulje trajanja protoka u polul-ogaritamskom mjerilu – Zagreb – 2009.-2011.god



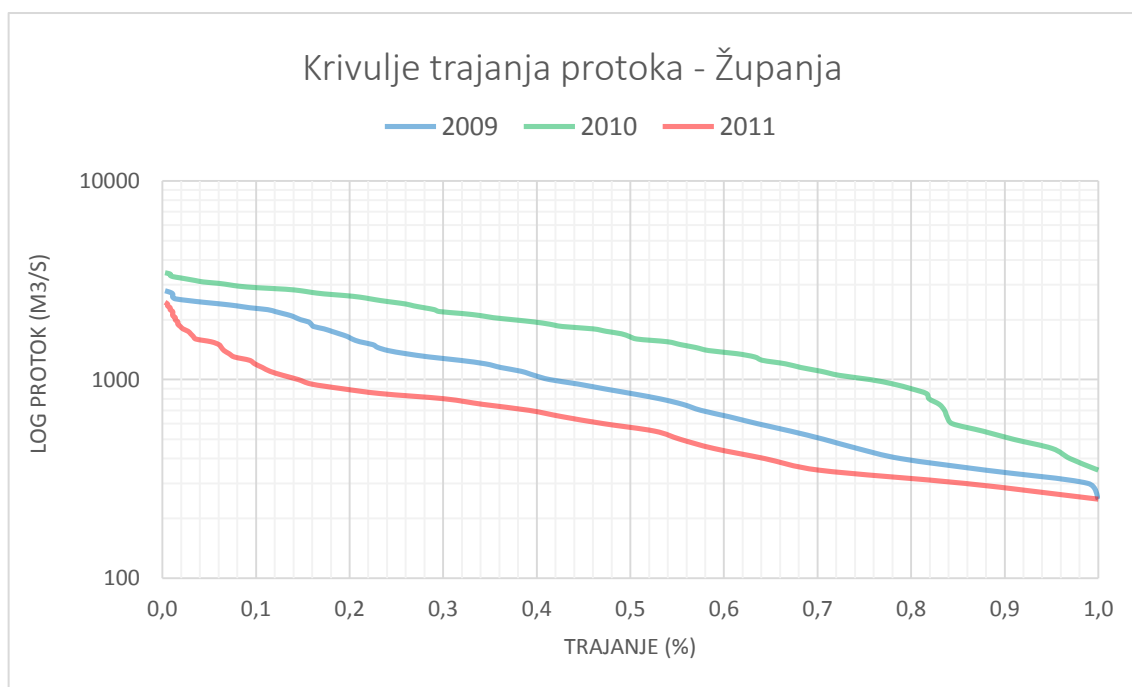
Slika 5.27.: Krivulje trajanja protoka u polu-logaritamskom mjerilu – Jasenovac – 2009.-2011.god



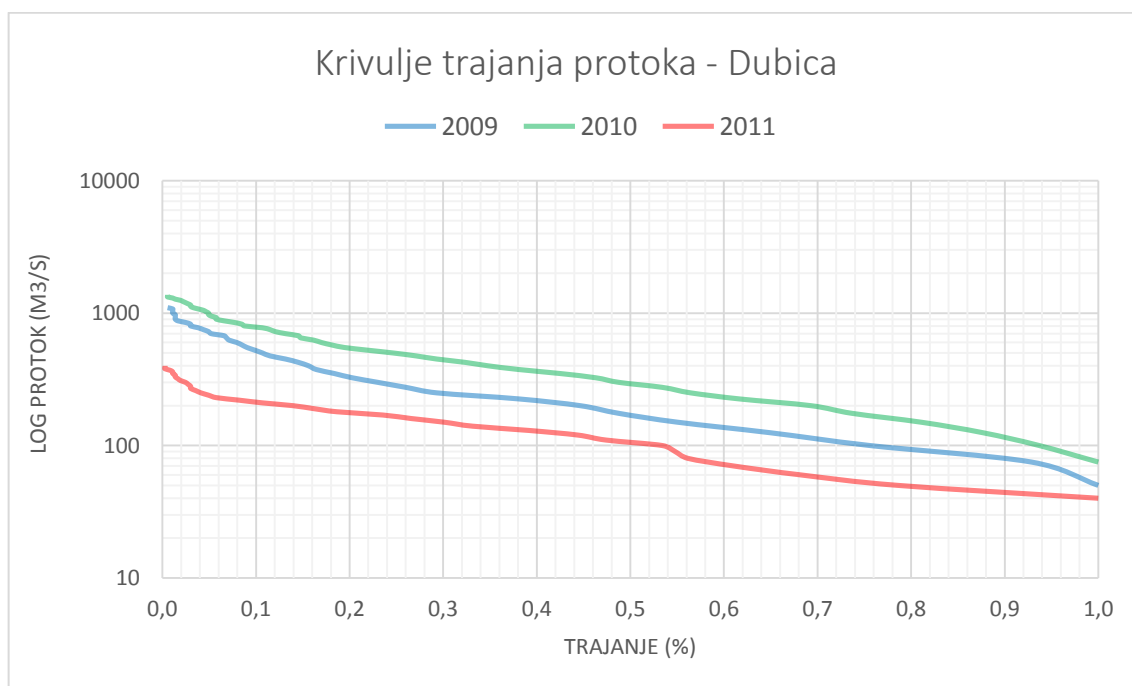
Slika 5.28.: Krivulje trajanja protoka u polu-logaritamskom mjerilu – Mačkovac – 2009.-2011.god



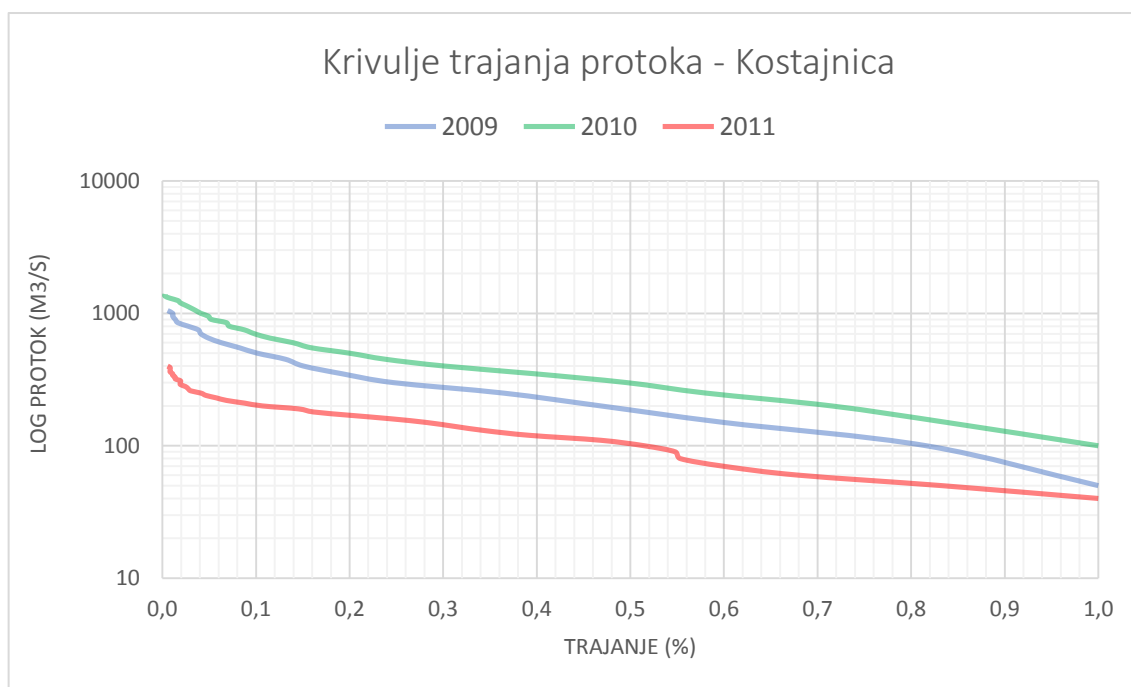
Slika 5.29.: Krivulje trajanja protoka u polu-logaritamskom mjerilu – Slavonski Brod – 2009.-2011.god



Slika 5.30.: Krivulje trajanja protoka u polu-logaritamskom mjerilu – Županja – 2009.-2011.god



Slika 5.31.: Krivulje trajanja protoka u polu-logaritamskom mjerilu – Dubica – 2009.-2011.god

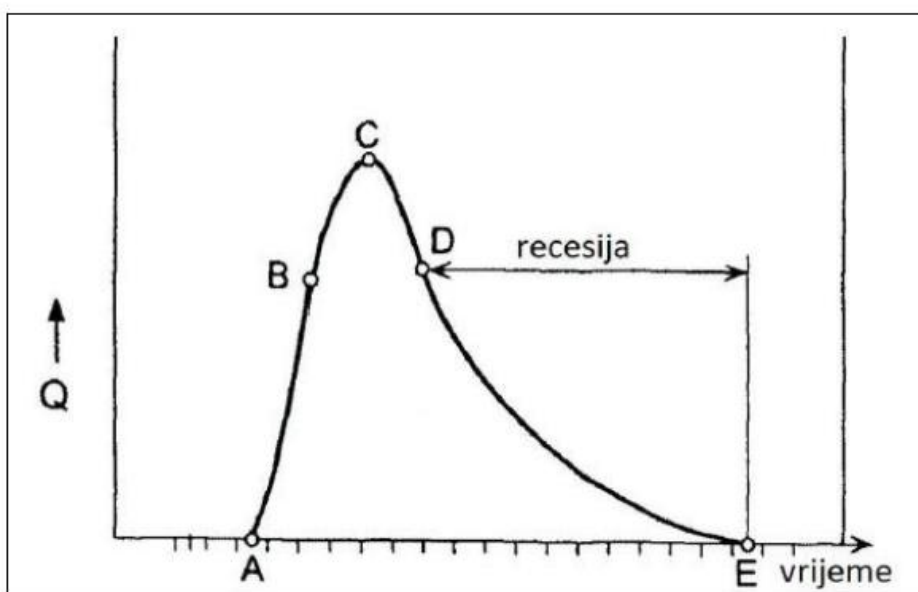


Slika 5.32.: Krivulje trajanja protoka u polu-logaritamskom mjerilu – Kostajnica – 2009.-2011.god

6. ANALIZA KRIVULJE RECESIJE

6.1. Recesijska krivulja hidrograma i Maillet-ova jednadžba istjecanja

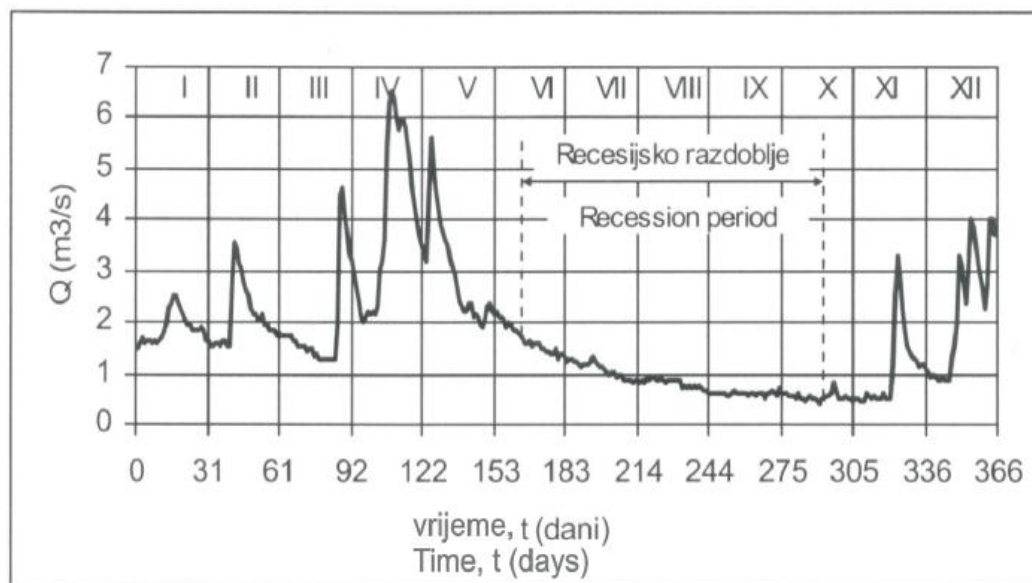
Kao što je već analizirano u poglavlju 4.2. ovog rada, osnovni dijelovi hidrograma su porast ili uspon, kruna ili vršni dio te opadanja ili recesija. Na slici 6.1. s točkama AB izdvojena je grana porasta hidrograma ili krivulja koncentracije. Oblik ovog dijela hidrograma ovisi o topografskim karakteristikama sliva (forma i pad sliva), zatim o trajanju, intenzitetu i raspodjeli oborina na slivu. Ovaj dio hidrograma doseže maksimum kada čitava slivna površina doprinosi otjecanju u promatranoj točki vodotoka. Vršni dio hidrograma ili kruna BD je dio hidrograma od točke infleksije na grani porasta pa do točke infleksije na opadajućoj grani. Zadnji dio hidrograma DE je retardacijaski ili recesijski dio hidrograma. Ovaj dio hidrograma ima oblik konveksne krivulje i predstavlja otjecanje akumulirane vode u slivu čija je najveća koncentracija u točki D.



Slika 6.1.: Osnovni dijelovi hidrograma, naglašen dio recesije

Nakon prestanka površinskog otjecanja, dolazi do podzemnog otjecanja koje se ovisno o karakteristikama slivnog područja može održati kroz dulje ili kraće vremensko razdoblje. Analiza opadajućeg dijela hidrograma otjecanja koji odgovara bezoborinskom razdoblju zove se *analiza recesije*. Ovakva analiza predstavlja dobar uvid u strukturu vodonosnika. Oblik recesijske krivulje ovisi o fizičkim karakteristikama sliva i hidrografske mreže. Ono što je bitno

da njen oblik ne ovisi o karakteristikama kiše i infiltracije. Dakle, točka E predstavlja trenutak od kojeg količina vode u rijeci ovisi samo o dotjecanju podzemnih voda.



Slika 6.2.: Prikaz perioda recesije na hidrogramu

Idealni recesijski uvjet bi bio višetjedni period bez oborina što je rijetka karakteristika umjerene klime. Najjednostavniji uvid u recesiju daju hidrografi tropskih izvora iz razloga što su kišno i sušno razdoblje strogo odvojeni te je krivulja recesije jasno određena. Upravo suprotno se događa na *slivu rijeke Save* gdje bezoborinska razdoblja traju najduže 50-ak dana, a rijetko toliko dugo. Dakle, svaka će oborina uzrokovati manje ili veće poremećaje na recesijskim krivuljama koji se ne mogu otkloniti. Za analizu recesije preporuča se da se analiza obavi na što većem broju recesijskih krivulja, odnosno iz što više godina i za svaku godinu posebno. Veći uzorak omogućava dobivanje prosječne recesijske krivulje kao i anvelopu minimalnih vrijednosti i na taj način se s većom sigurnošću može doći do zaključka o akumulacijskoj sposobnosti vodonosnika, očekivanim minimalnim protocima i sl. Anvelopa minimalnih vrijednosti protoka se ne određuje u ovom radu.

U vrijeme suše (dužeg izostanka oborina) izvori i rijeke se napajaju samo podzemnim vodama iz zaliha koje su uskladištene u hidrološkom bazenu, vodonosniku ili hidrogeološkoj strukturi tijekom prethodnog kišnog razdoblja. Prema tome, protok izvora ili rijeke u beskišnom razdoblju predstavlja produkt odvodnjavanja jedinstvenog vodonosnika ili složenog vodonosnog sustava kojim se oni napajaju.

Francuski fizičak Maillet je 1905. godine nakon dugogodišnjeg bogatog iskustva i iscrpnih analiza izveo jednu od najkorištenijih izraza za opisivanje krivulje recesije hidrograma za vrijeme dugog sušnog perioda; eksponencijalnu funkciju oblika:

$$Q(t) = Q_0(t_0) \cdot e^{-\alpha(t-t_0)}$$

gdje je:

$Q(t)$ - protok u trenutku t

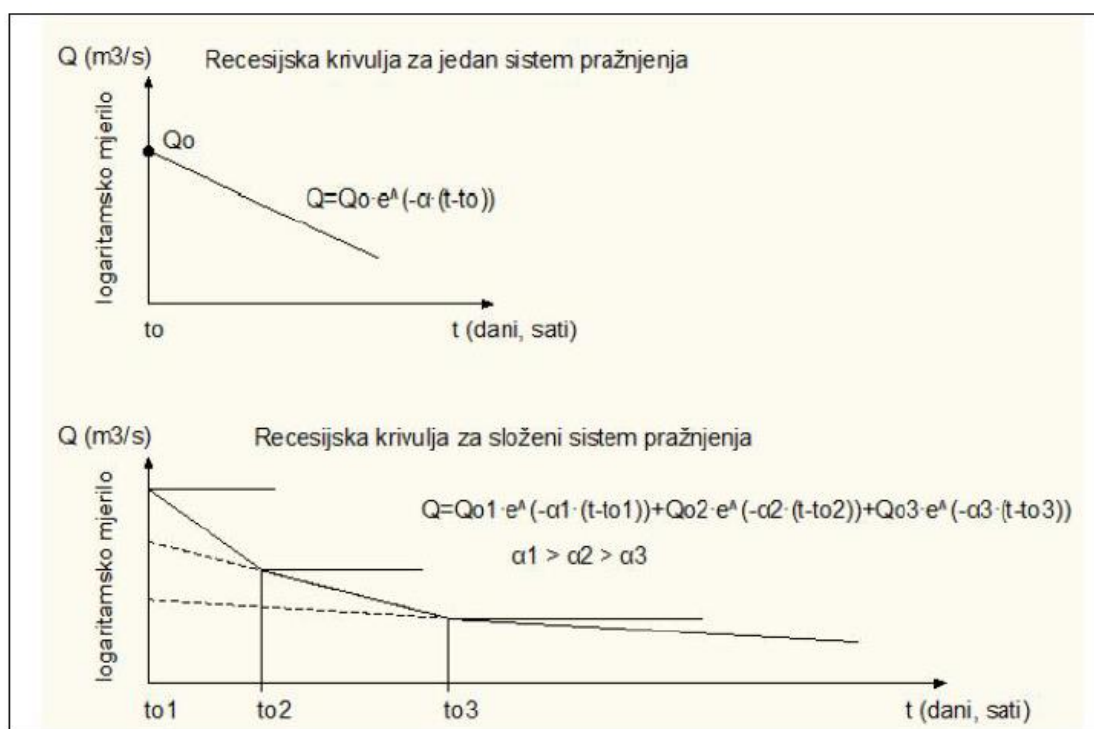
$Q_0(t_0)$ - protok u proizvoljnom trenutku t_0 koji prethodi trenutku t

e - baza prirodnog logaritma

α - koeficijent recesije (pražnjenja vodonosnika) čija je dimenzija $[T^{-1}]$

$(t - t_0)$ - vrijeme trajanja recesije.

Vrijednosti koeficijenta recesije $\alpha [T^{-1}]$ ovise o retencijskim karakteristikama podzemnog rezervoara, odnosno hidrogeološkim karakteristikama vodonosnika i njegovoj geometriji. U praksi se smatra da vrijednostima α reda veličine 10^{-2} odgovara brzo pražnjenje podzemnih kanala i pukotina, dok blaži nagib krivulje pražnjenja reda veličine 10^{-3} ukazuje na pražnjenje iz sitnih pukotina, prslina i klastičnih ispuna šupljina u podzemlju.



Slika 6.3.: Recesijska krivulja u polu-logaritamskom mjerilu za jednostavni i složeni sistem pražnjenja

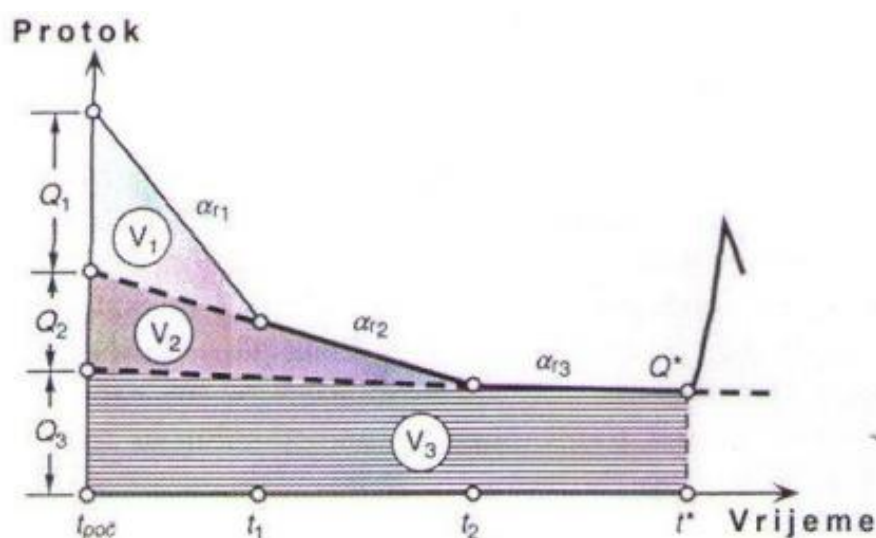
Krivulja recesije se može prikazati u polu-logaritamskom mjerilu (Slika 6.3.) sa logaritmima protoka na ordinati i vremenom na apscisi. Ovim mjerilom trebala bi se dobiti recesijska krivulja kao ravna linija, međutim najčešće ona to nije zbog utjecaja padalina koje “remete” idealnu recesijsku krivulju. U polu-logaritamskom prikazu koeficijent recesije α predstavlja nagib pravca. Što je pravac nagnutiji vodonosnik je propusniji (krupniji podzemni kanali), a što je nagib pravca blaži to je vodonosnik manje propustan (s manjim podzemnim kanalima). U realnom, prirodnom sustavu, recesijske krivulje su složenog oblika te se sastoje od više pravaca različitih nagiba.

Svaki lom koji je vidljiv na krivulji recesije za složeni sistem pražnjenja nastaje zbog promjene karakteristika krškog vodonosnika i svaki predstavlja promjenu koeficijenta recesije. Prema veličini recesijskog koeficijenta mogu se također okarakterizirati i akumulacijske sposobnosti vodonosnika; ako je koeficijent veći ukazuje na brzo trošenje dinamičke rezerve te slabije akumulacijske sposobnosti vodonosnika.

Pomoću koeficijenta recesije možemo izračunati volumen vode uskladištene u vodonosniku koji će gravitacijski isteći tijekom recesije tj. dinamičke rezerve:

$$\alpha = \frac{Q_t}{V_t}$$

gdje je Q_t količina istjecanja u vremenu t , a V_t volumen uskladištene vode iznad razine izvora.



Slika 6.4.: Shematski prikaz recesije s tri mikrorežima pražnjenja vodonosnika i odgovarajućih volumena vode (Krešić, 1997.)

U slučaju više mikrorežima pražnjenja vodonosnika, sumiraju se volumeni pojedinih mikrorežimarežima tj. pripadajućih koeficijenata recesije kao na slici 6.4. Ukupni volumen na primjer s tri mikrorežima računa se pomoću izraza:

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 = \left[\frac{Q_1}{\alpha_1} + \frac{Q_2}{\alpha_2} + \frac{Q_3}{\alpha_3} \right]$$

6.2. Konstrukcija krivulje recesije „matching strip“ metodom i „tabulation“ metodom

Svaka krivulja recesije može se matematički opisati koristeći princip superpozicije eksponencijalne jednadžbe

$$Q(t) = Q_0(t_0) \cdot e^{-\alpha t}$$

i ocijeniti pomoću osnovnih parametara jednadžbe, koeficijenta recesije α i početnog protoka Q_0 . Koeficijent recesije α najbitniji je parametar u ovoj jednadžbi; o njemu ovisi oblik krivulje recesije i intezitet pražnjenja vodonosnika te ograničen vodonosnik prema Schoeller-u (1962.) ima oblik:

$$\alpha = \frac{K \cdot \sin \beta}{m \cdot l}$$

gdje je:

K - koeficijent propusnosti,

m - akumulacijski koeficijent,

l - dužina saturiranog vodonosnika,

β - kut nagiba vodonosnika.

„*Matching strip*“ metoda se temelji na eksponencijalnoj krivulji izraza $Q(t)=Q_0(t_0) \cdot e^{-\alpha t}$ koja logaritme protoka prema vremenu razmješta u jednu liniju kako bi se mogao očitati nagib koji je jednak koeficijentu recesije.

U ovoj metodi za svaku godinu se izdvajaju protoci sa hidrograma otjecanja koji čine recesiju. Zatim se recesijski periodi poredaju i prikažu u opadajućem nizu kao krivulje recesije koje se pomiču horizontalno dok se glavni dijelovi recesije ne poklope i formiraju set zajedničkih linija. Krivulje se prikažu u grafovima polu-logaritamskog mjerila s fiksnim intervalima koji ovise o duljini individualnih recesijskih razdoblja. Krivulja pražnjenja se nacrtava između prvog i zadnjeg recesijskog traga. Srednja linija predstavlja krivulju pražnjenja (*MRC – master recession curve*) iz čije jednadžbe se očitava koeficijent recesije.

„Tabulation“ metoda je slična „matching strip“ metodi, ali se koristi tabelarni prikaz. Za svaku godinu izdvaja se recesijsko razdoblje na pripadajućim hidrogramima. Formira se tablica tako da su stupci u tablici protoci koji čine recesiju. Nakon formiranja, stupci se pomiču vertikalno sve dok se protoci u retku približno ne izjednače. Potom se nađe srednja vrijednost protoka u retku, koja zapravo čini krivulju pražnjenja (*MRC - master recession curve*). Ova metoda daje dobru kontrolu protoka te je manje vjerojatno da će srednja krivulja biti preduga ili prekratka. Nedostatak ove metode su naizgled beznačajni dijelovi recesijske krivulje koji ne mogu biti izostavljeni bez detaljnog pregleda.

U ovom radu korišteni su računalni programi „Microsoft Excel“ i „Visual Basic“ koje je isprogramirao kolega Igor Tomić upravo za konstruiranje krivulje recesije „matching strip“ i „tabulation“ metodama. Program čini postupke konstruiranja krivulja poluautomatskima gdje je operater interaktivno pomicao individualne recesije duž osi ordinata ili mijenjao nagib krivulje pražnjenja, dok se sve recesije nisu preklapile na željeni način. Ovakav pristup omogućava pronalaženje krivulje pražnjenja za razdoblja od više desetljeća u samo nekoliko minuta. Primjer formiranja tablice dan je na slici 6.5.

899						
849						
762						
660						
573						
513						
465	486					
431	446					
400	396	408				
	362	385				
	351	369				
	338	377				
	318	374				
	296	350				
	278	317				
	267	289	308			
	262	265	292			
	258	247	266			
	255	233	243			
	249	224	226	241		
	239	218	213	226	225	
	232	215	205	205	219	
	227		198	188	205	
	224		195	177	196	
	218		191	170	188	
	211		190	166	179	
	205		189	162	168	
	200		187	159	161	
	200		183	157	156	158
	197		177		152	156
	193		171			156
	189		165			154
	185		162			152
	184		160			152
			159			151
			159			149
			157			150
			156			149
						148
						148
						147
						146

Slika 6.5.: *Primjer programiranog formiranja tablice protoka (izdvojenih recesija) za konstruiranje krivulje pražnjenja (MRC - master recession curve) – radi se o konkretnom slučaju mjerne stanice „Mačkovac“ za izdvojene recesijske periode od minimalno 10 dana trajanja, u razdoblju 04.06.-18.10.2010. god.*

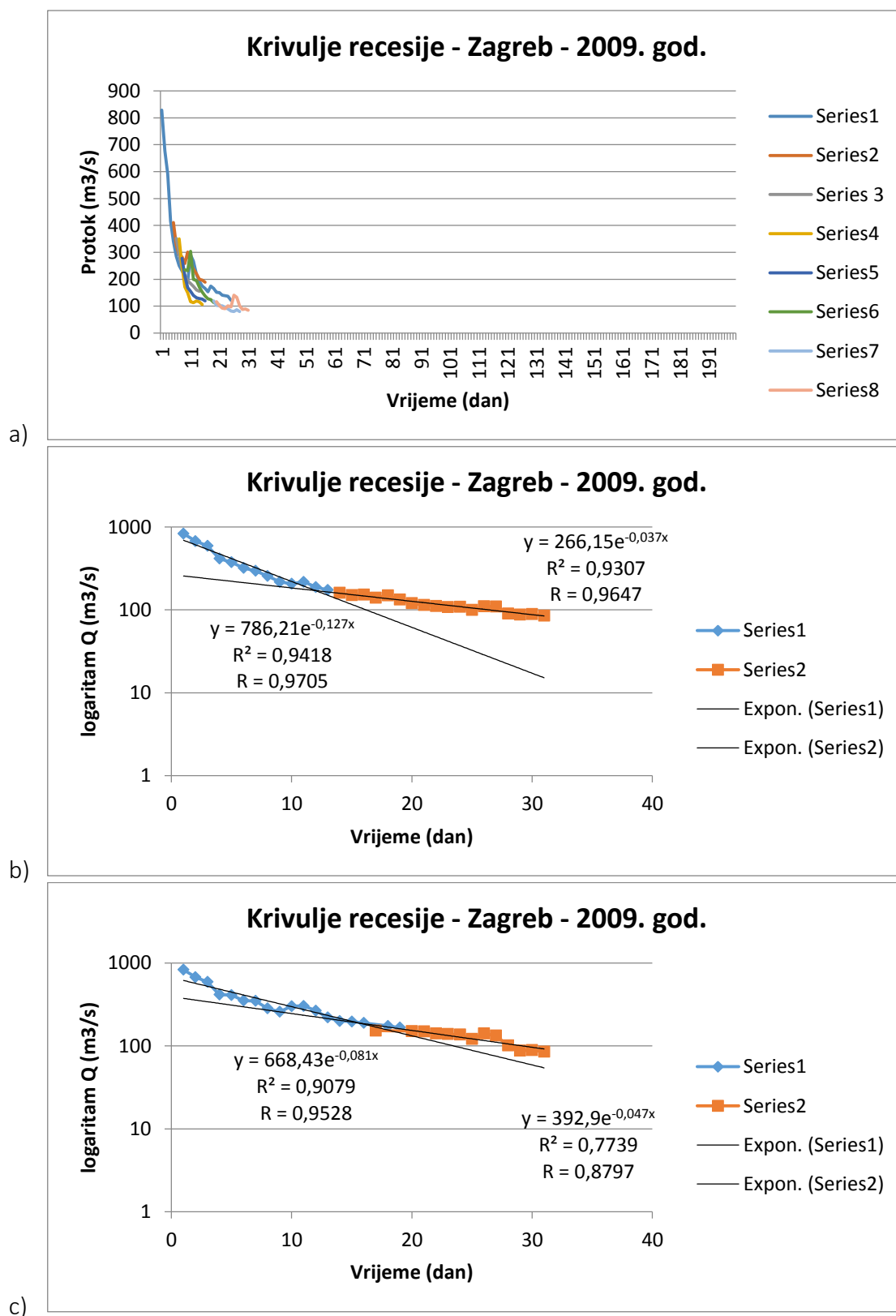
U nastavku će biti prikazana izdvojena recesijska razdoblja za mjerne stanice na Savi i Uni koje se obrađuju u ovom radu. Bitno je naglasiti da su promatrana samo ljetna sušna razdoblja (Tablica 6.1.) i to samo recesijski periodi duži od 10 dana, iako se jasno može primjetiti da tijekom godine postoje i druga recesijska razdoblja. Ljetni period je vrijeme za najvećim potrebama vode, bilo zbog potreba kućanstva, bilo zbog navodnjavanja u poljoprivredi ili pak potreba u gospodarstvu i sl., zbog čega je vidljiva potreba za analizom recesije.

Za svaku mjernu stanicu i za svaku promatranu godinu su dana tri grafa (Slika 6.4. – Slika 6.24.) pod:

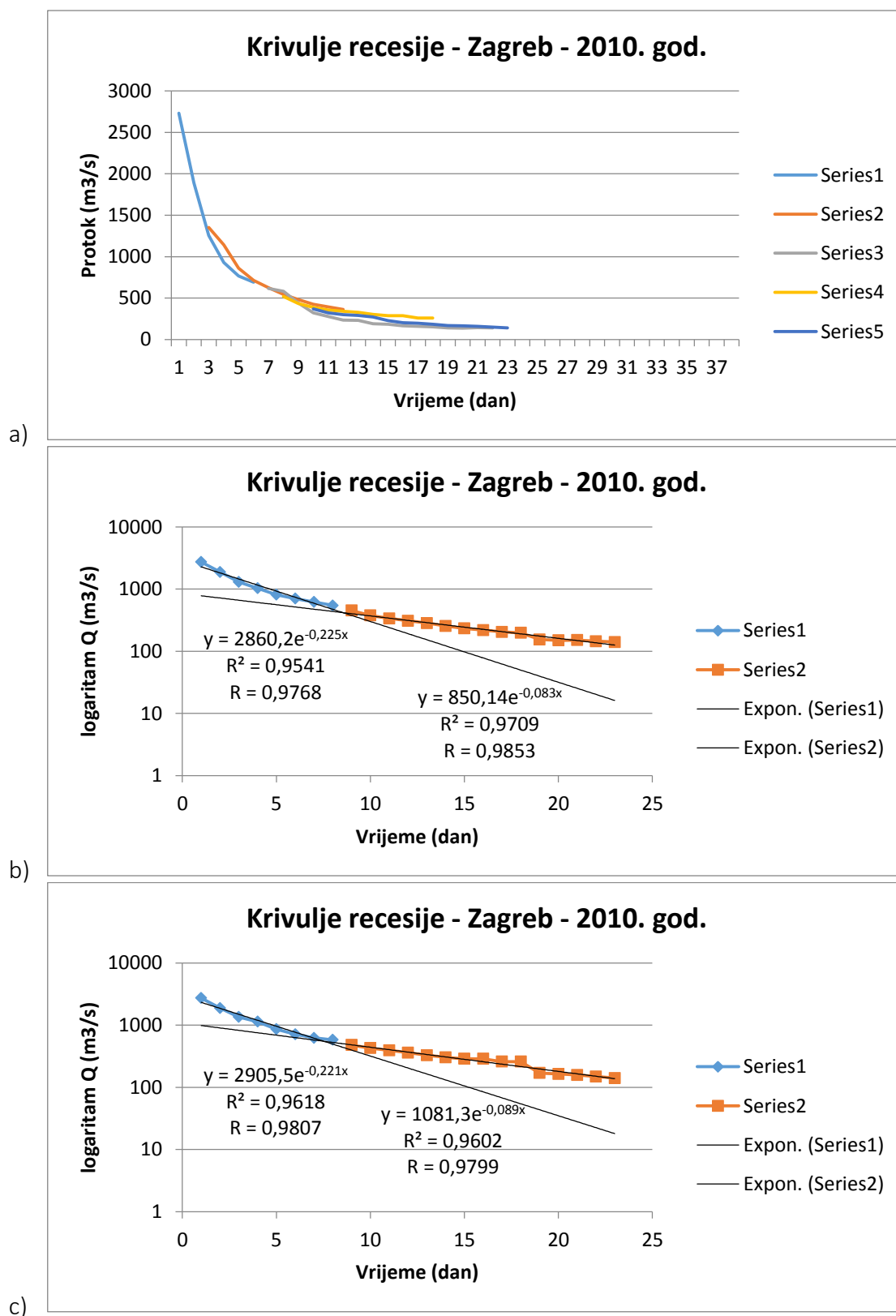
- Sa izdvojenim recesijskim razdobljima u trajanju od minimalno 10 dana za razdoblja iz Tablice 6.1.;
- Krivulje pražnjenja (MRC - master recession curve) za izdvojene recesijske periode pod a) dobivena „tabulation“ metodom;
- Krivulje pražnjenja (MRC - master recession curve) za izdvojene recesijske periode pod a) dobivena „matching strip“ metodom.

	2009.	2010.	2011.
Zagreb	08.06. - 10.10.	01.06. - 17.10.	09.06. - 19.10.
Jasenovac	10.06. - 10.10.	04.06. - 18.10.	11.06. - 20.10.
Mačkovac	10.06. - 11.10.	04.06. - 19.10.	12.06. - 20.10.
Slavonski Brod	06.06. - 12.10.	04.06. - 19.10.	12.06. - 21.10.
Županja	04.06. - 04.10.	04.06. - 19.10.	13.06. - 05.10.
Kostajnica	04.06. - 01.10.	01.06. - 15.10.	11.06. - 19.10.
Dubica	04.06. - 07.10.	01.06. - 16.10.	11.06. - 19.10.

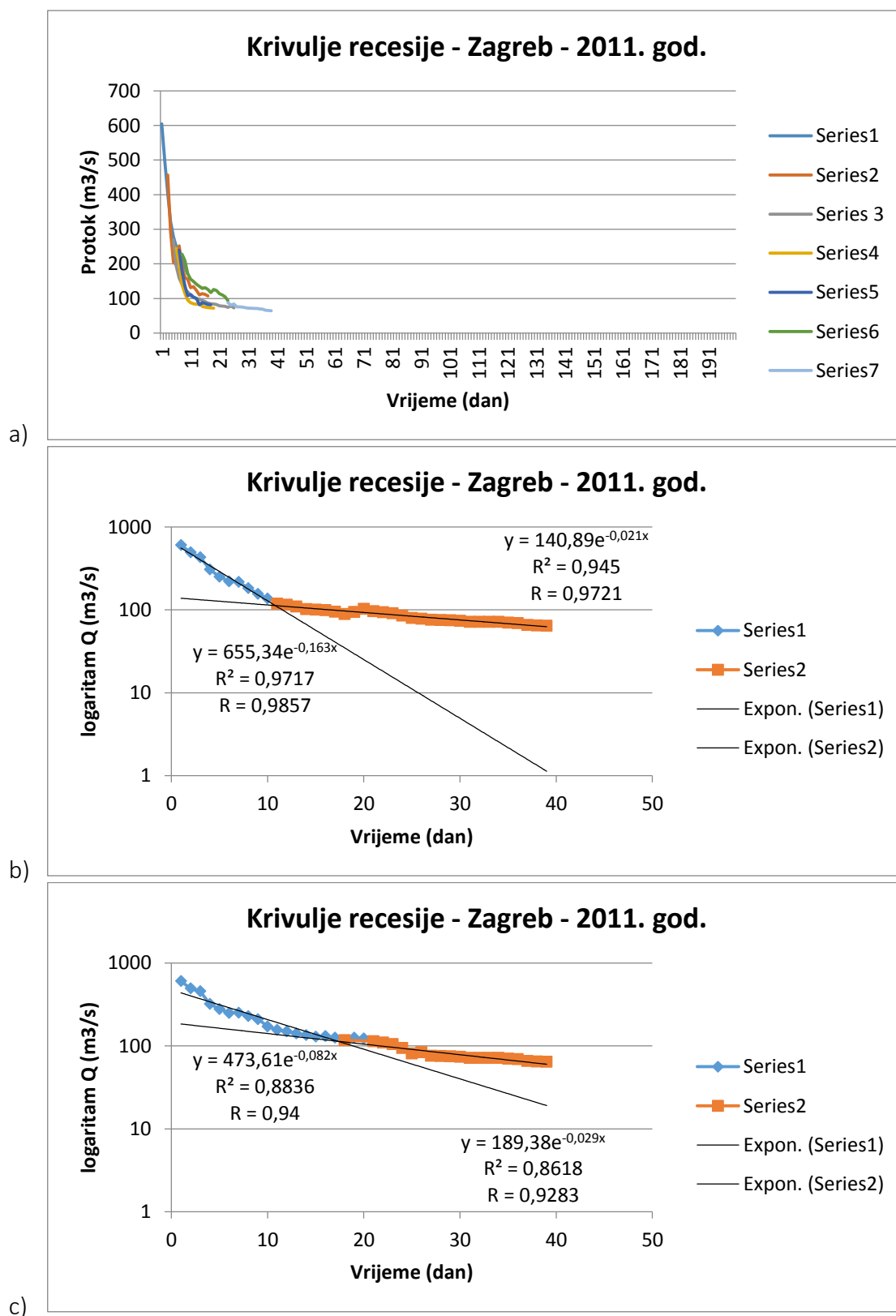
Tablica 6.1.: Izdvojena i analizirana razdoblja recesije



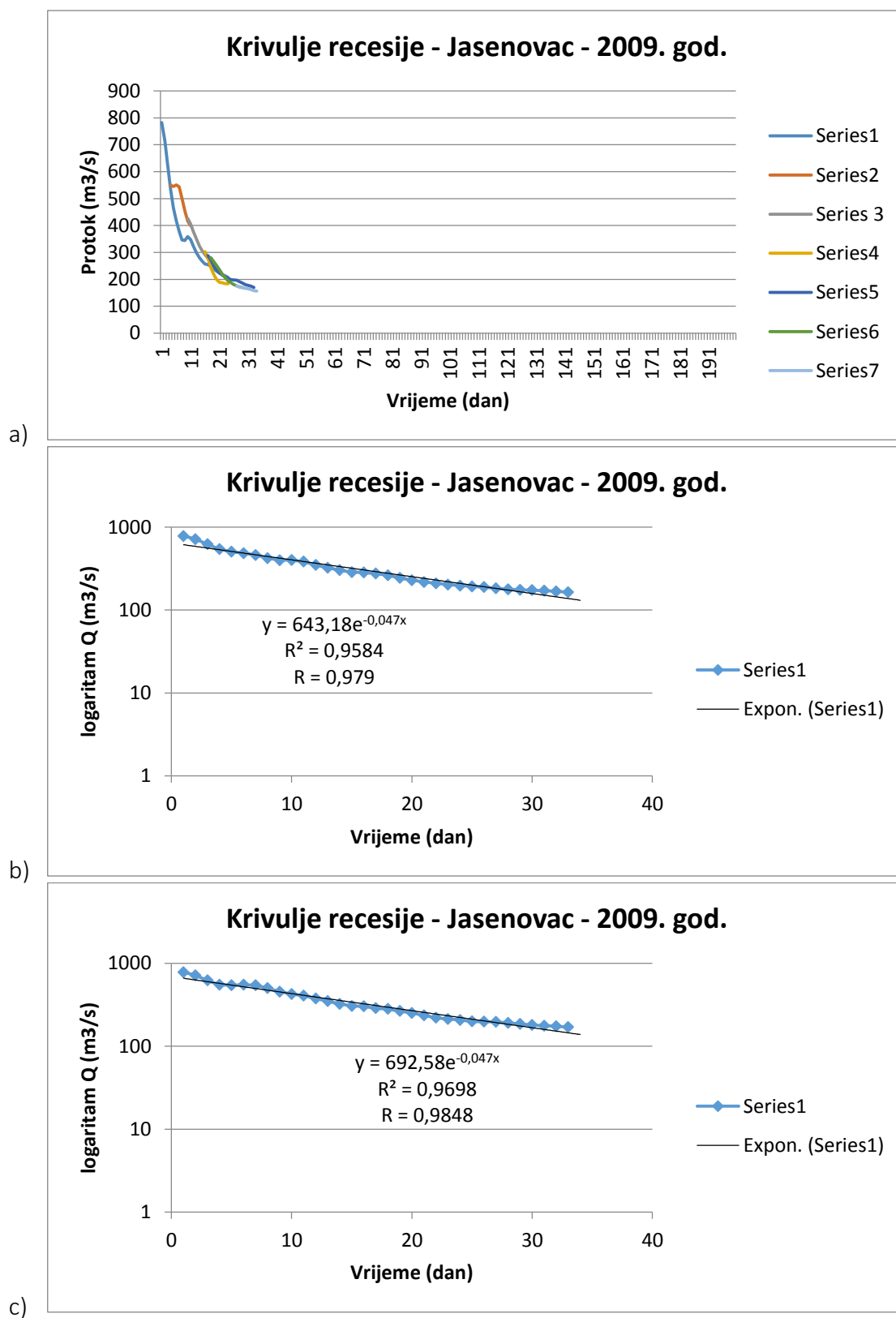
Slika 6.4.: Krivulje recesije – Zagreb – 08.06-10.10.2009. god. a) Izdvojene recesije, b) Krivulja pražnjenja „tabulation“ metodom, c) Krivulja pražnjenja „matching strip“ metodom



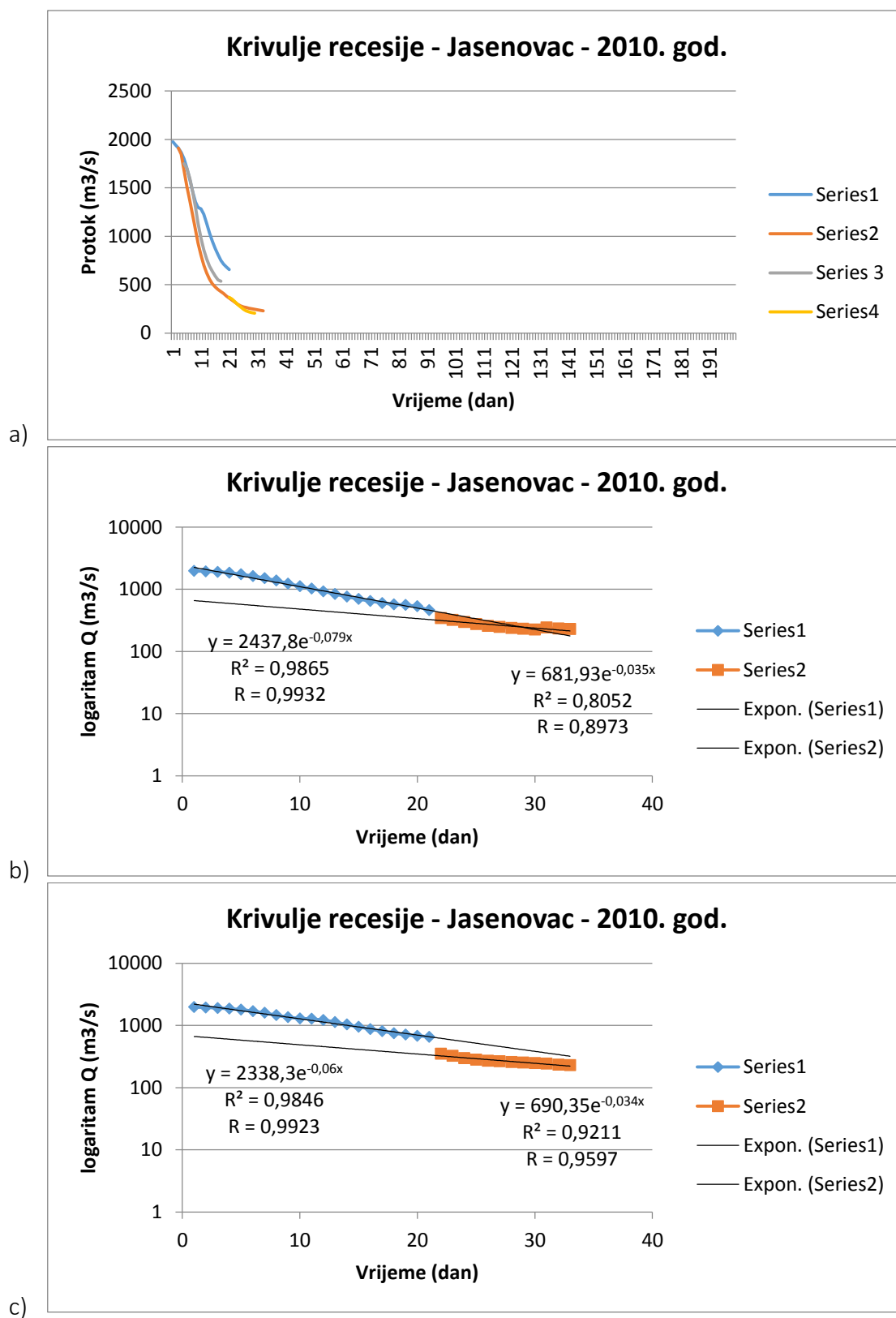
Slika 6.5.: Krivulje recesije – Zagreb – 01.06-17.10.2010. god. a) Izdvojene recesije, b) Krivulja pražnjenja „tabulation“ metodom, c) Krivulja pražnjenja „matching strip“ metodom



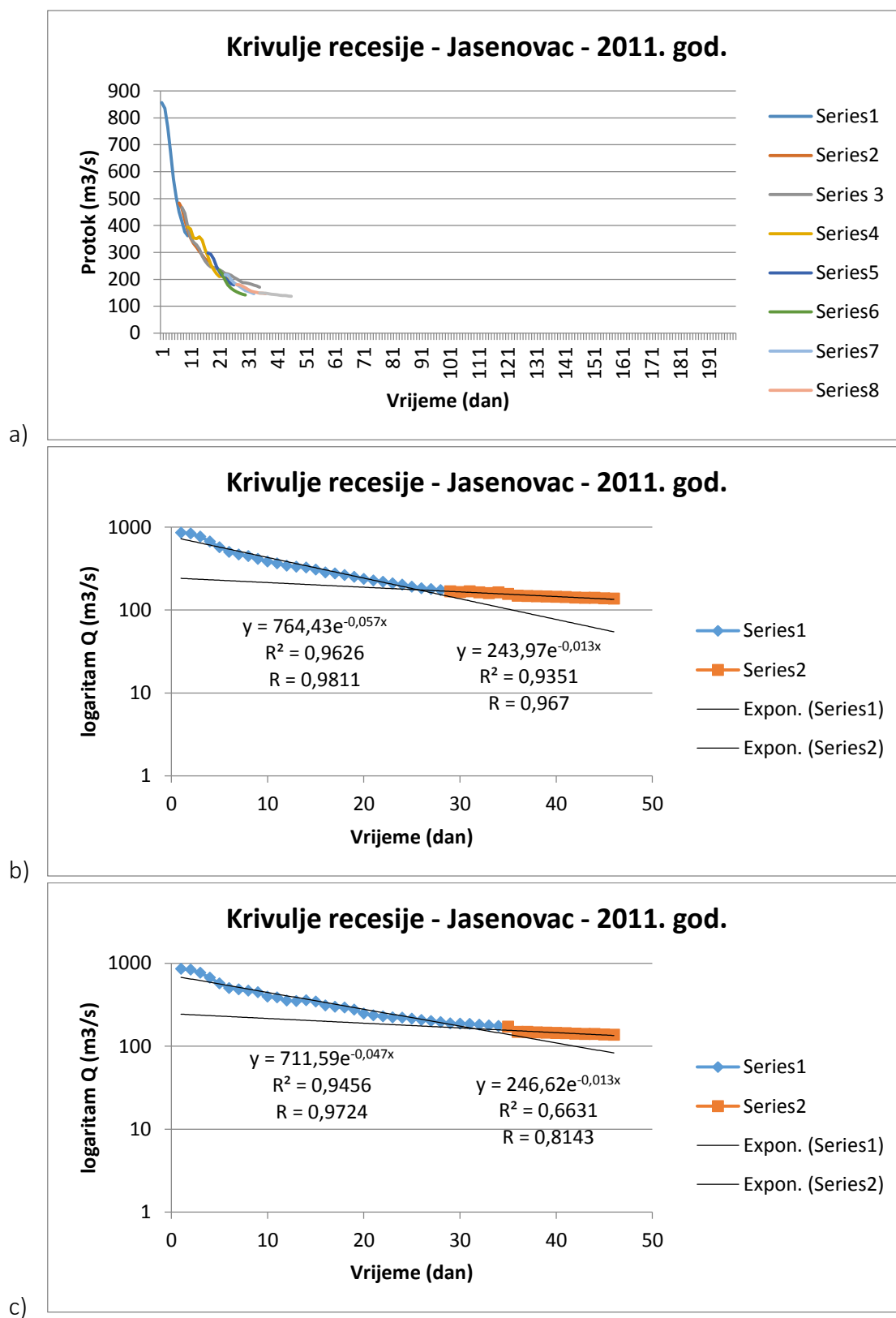
Slika 6.6.: Krivulje recesije – Zagreb – 09.06.-19.10.2011. god. a) Izdvojene recesije, b) Krivulja pražnjenja „tabulation“ metodom, c) Krivulja pražnjenja „matching strip“ metodom



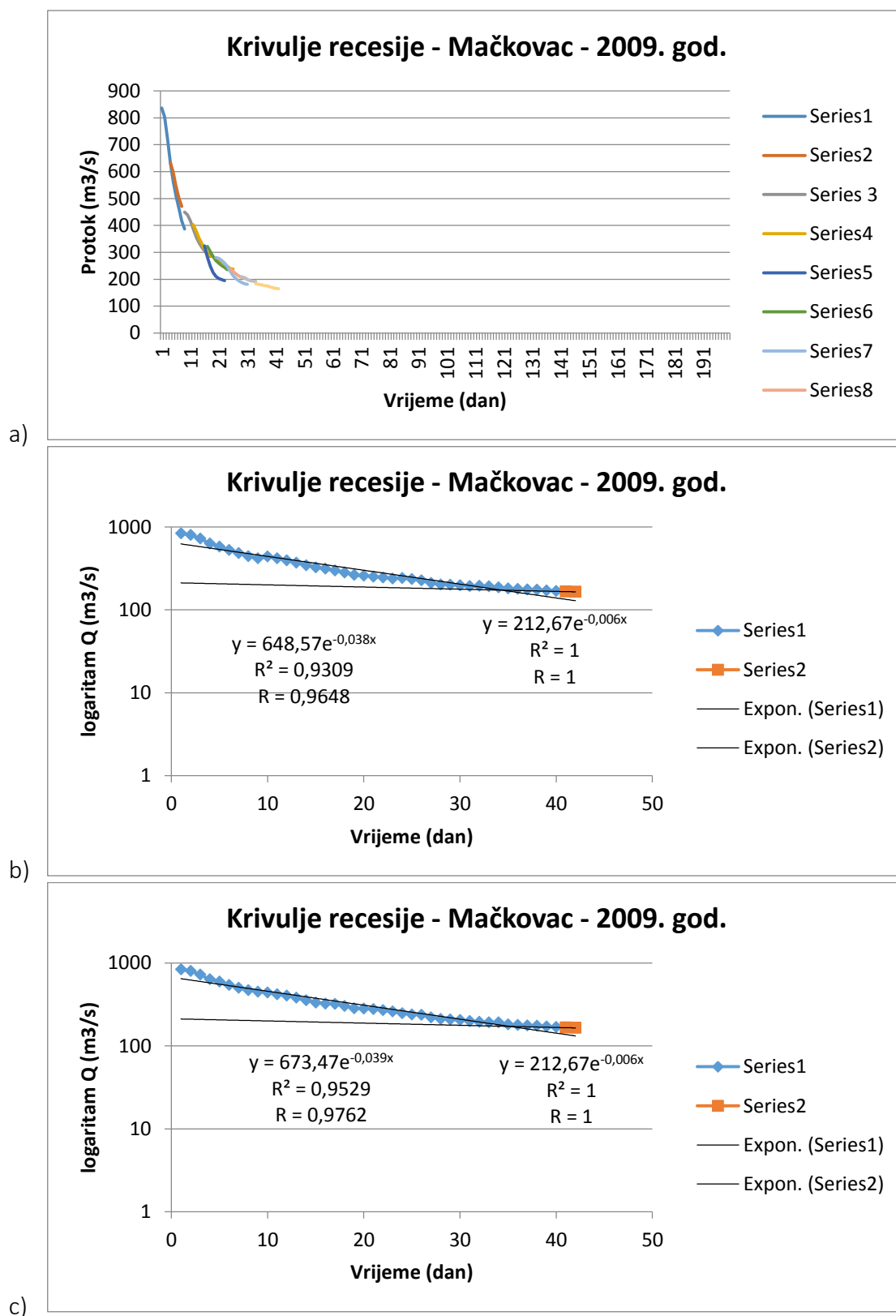
Slika 6.7.: Krivulje recesije – Jasenovac – 10.06.-10.10.2009. god. a) Izdvojene recesije, b) Krivulja pražnjenja „tabulation“ metodom, c) Krivulja pražnjenja „matching strip“ metodom



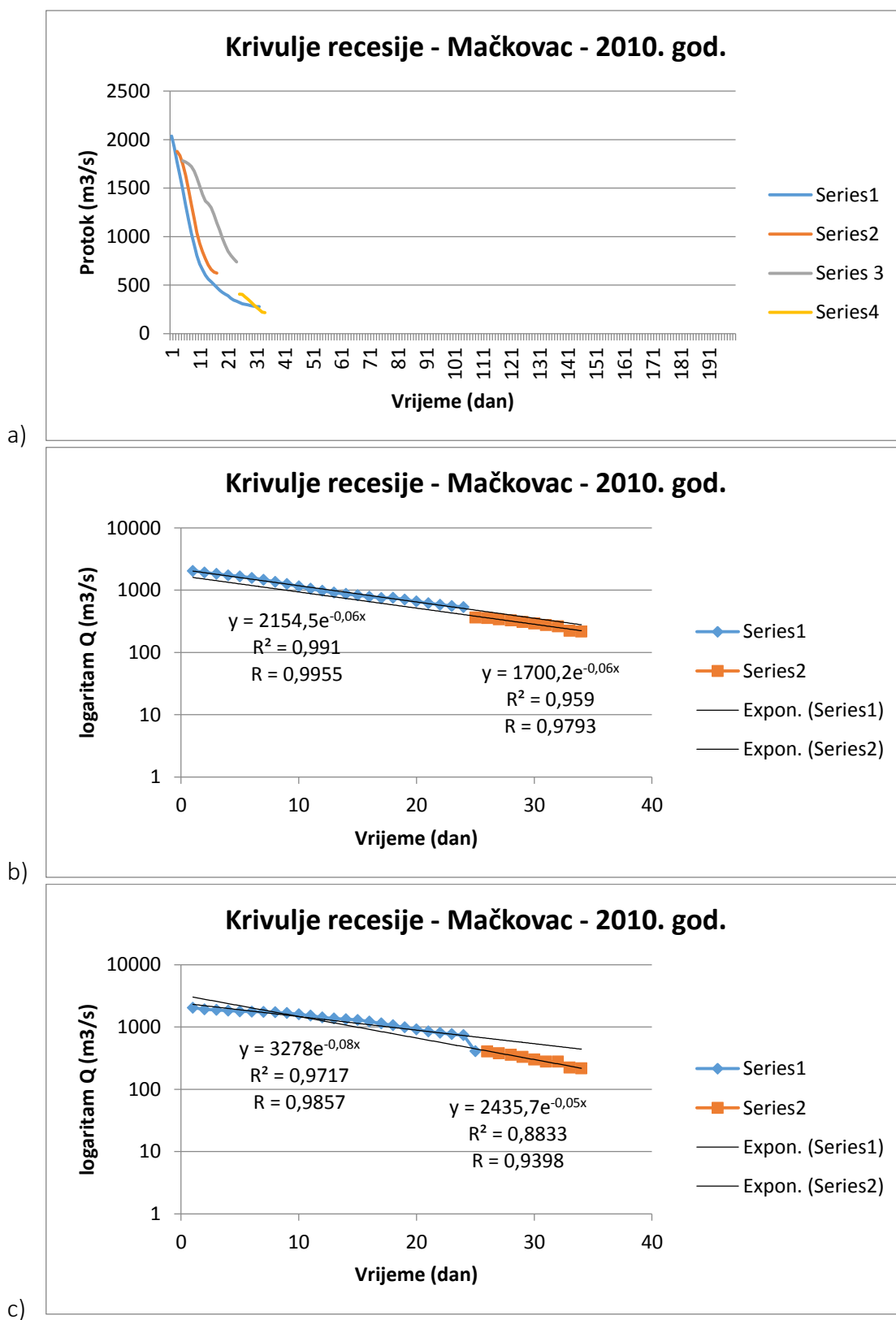
Slika 6.8.: Krivulje recesije – Jasenovac – 04.06.-18.10.2010. god. a) Izdvojene recesije, b) Krivulja pražnjenja „tabulation“ metodom, c) Krivulja pražnjenja „matching strip“ metodom



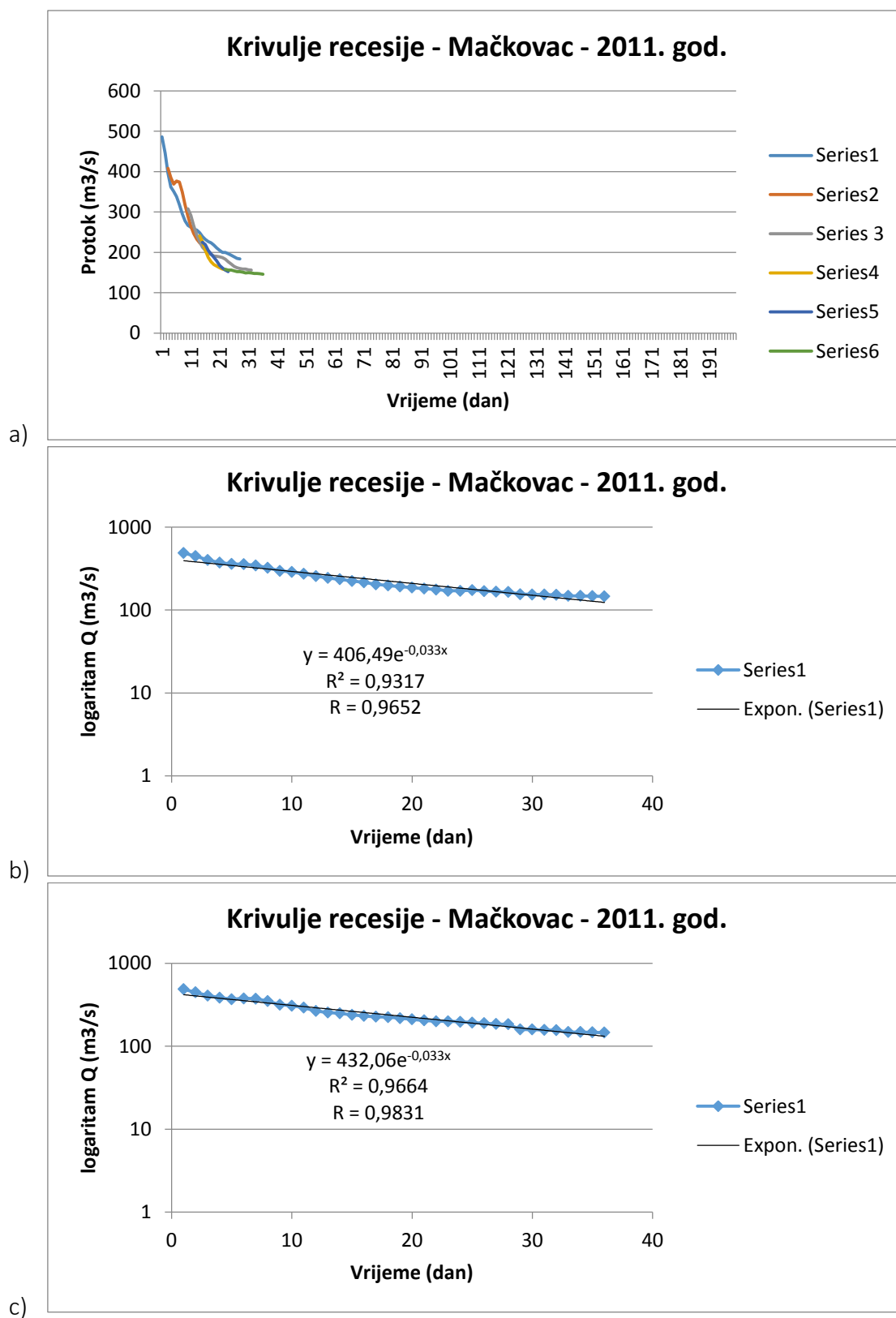
Slika 6.9.: Krivulje recesije – Jasenovac – 11.06.-20.10.2011. god. a) Izdvojene recesije, b) Krivulja pražnjenja „tabulation“ metodom, c) Krivulja pražnjenja „matching strip“ metodom



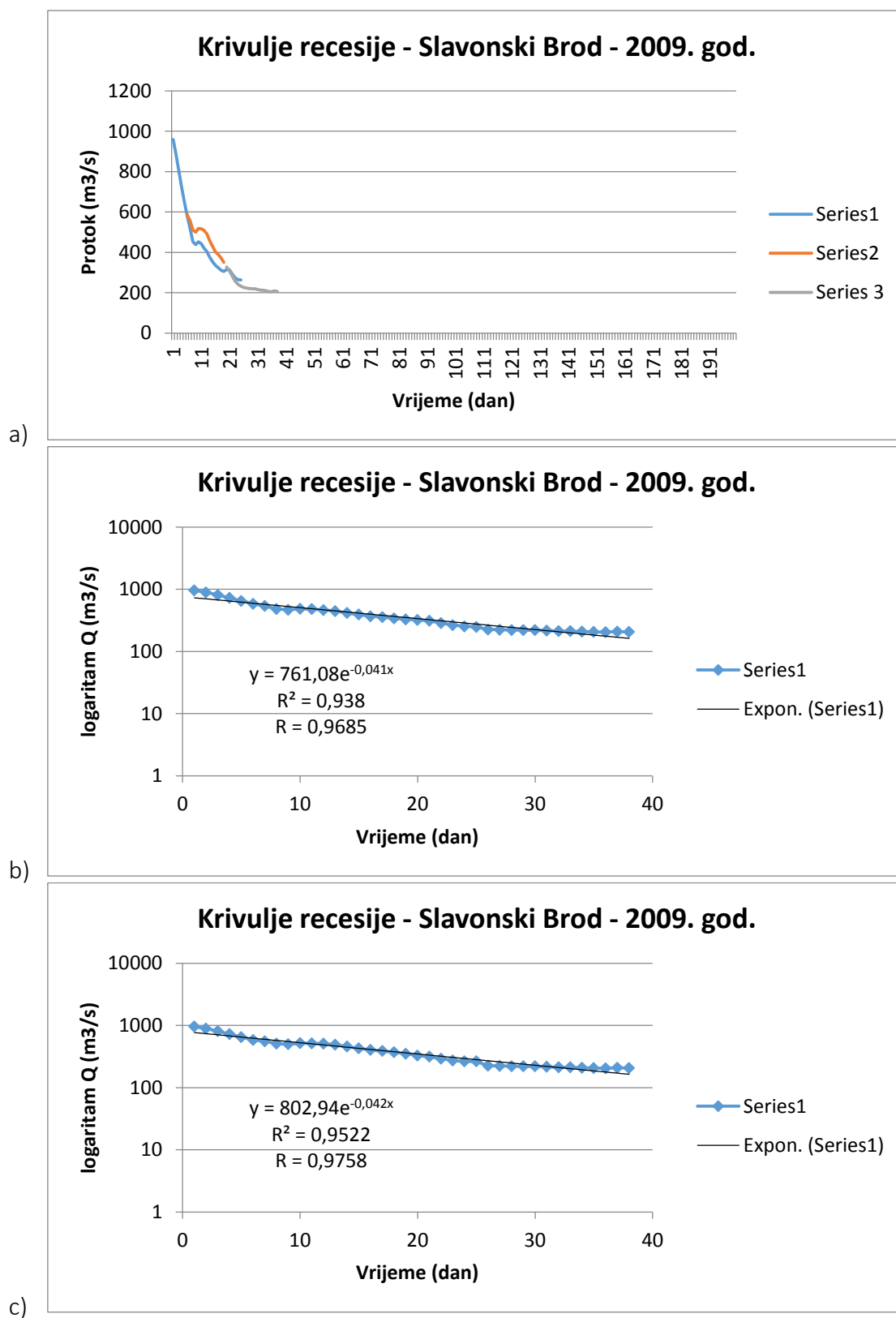
Slika 6.10.: Krivulje recesije – Mačkovac – 10.06.-11.10.2009. god. a) Izdvojene recesije, b) Krivulja pražnjenja „tabulation“ metodom, c) Krivulja pražnjenja „matching strip“ metodom



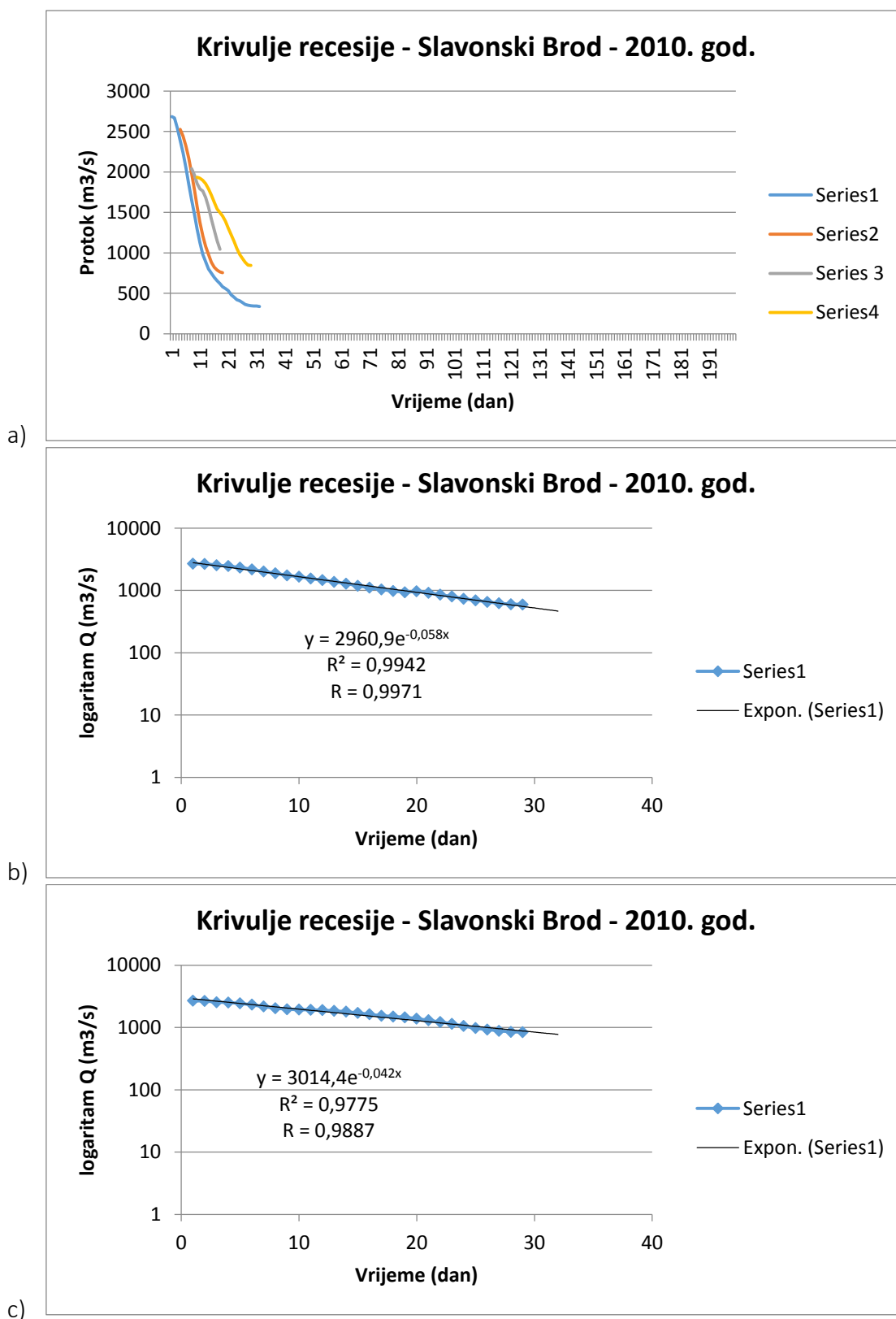
Slika 6.11.: Krivulje recesije – Mačkovac – 04.06.-18.10.2010. god. a) Izdvojene recesije, b) Krivulja pražnjenja „tabulation“ metodom, c) Krivulja pražnjenja „matching strip“ metodom



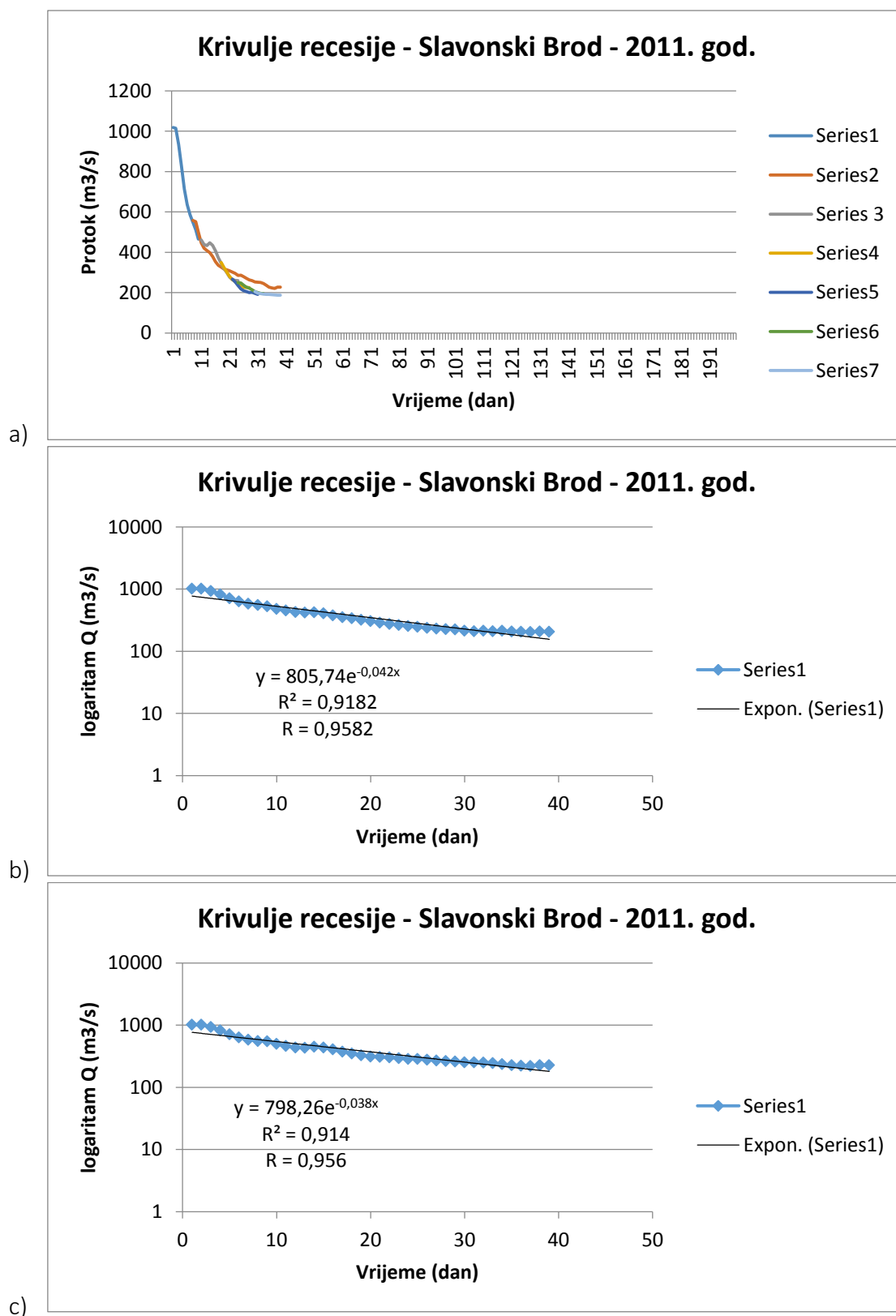
Slika 6.12.: Krivulje recesije – Mačkovac – 12.06.-20.10.2011. god. a) Izdvojene recesije, b) Krivulja pražnjenja „tabulation“ metodom, c) Krivulja pražnjenja „matching strip“ metodom



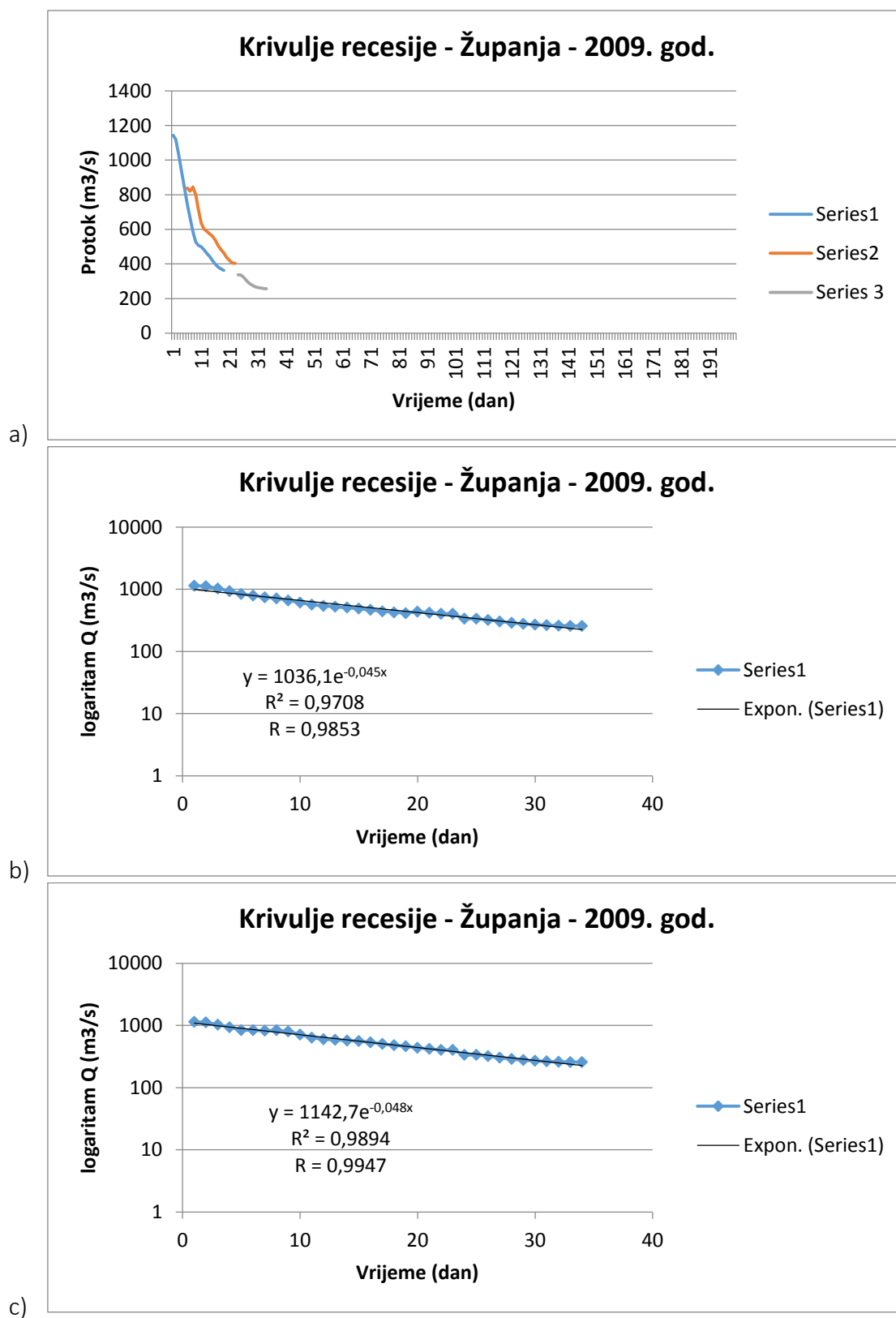
Slika 6.13.: Krivulje recesije – Slavonski Brod – 06.06.-12.10.2009. god. a) Izdvojene recesije, b) Krivulja pražnjenja „tabulation“ metodom, c) Krivulja pražnjenja „matching strip“ metodom



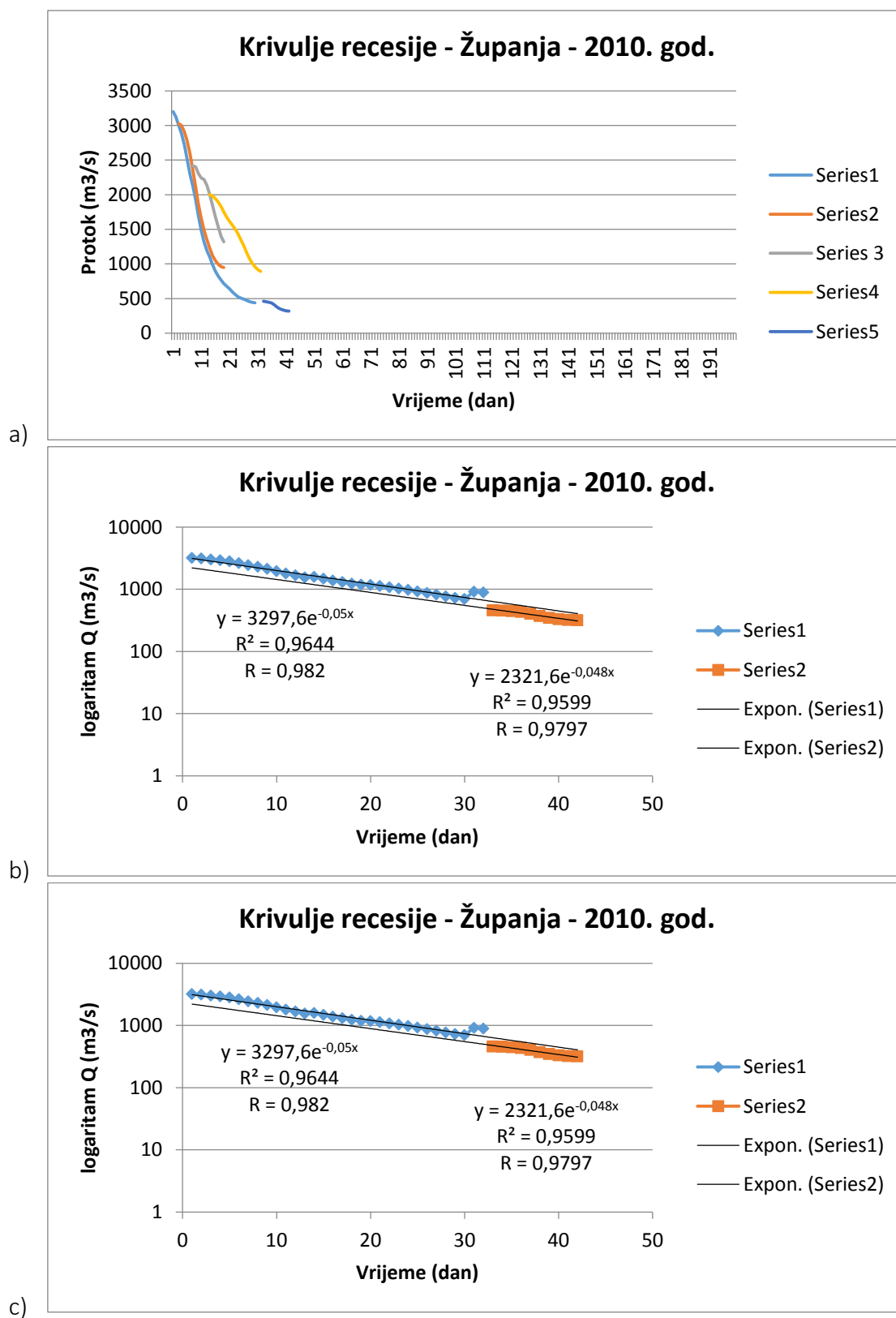
Slika 6.14.: Krivulje recesije – Slavonski Brod – 04.06.-19.10.2010. god. a) Izdvojene recesije, b) Krivulja pražnjenja „tabulation“ metodom, c) Krivulja pražnjenja „matching strip“ metodom



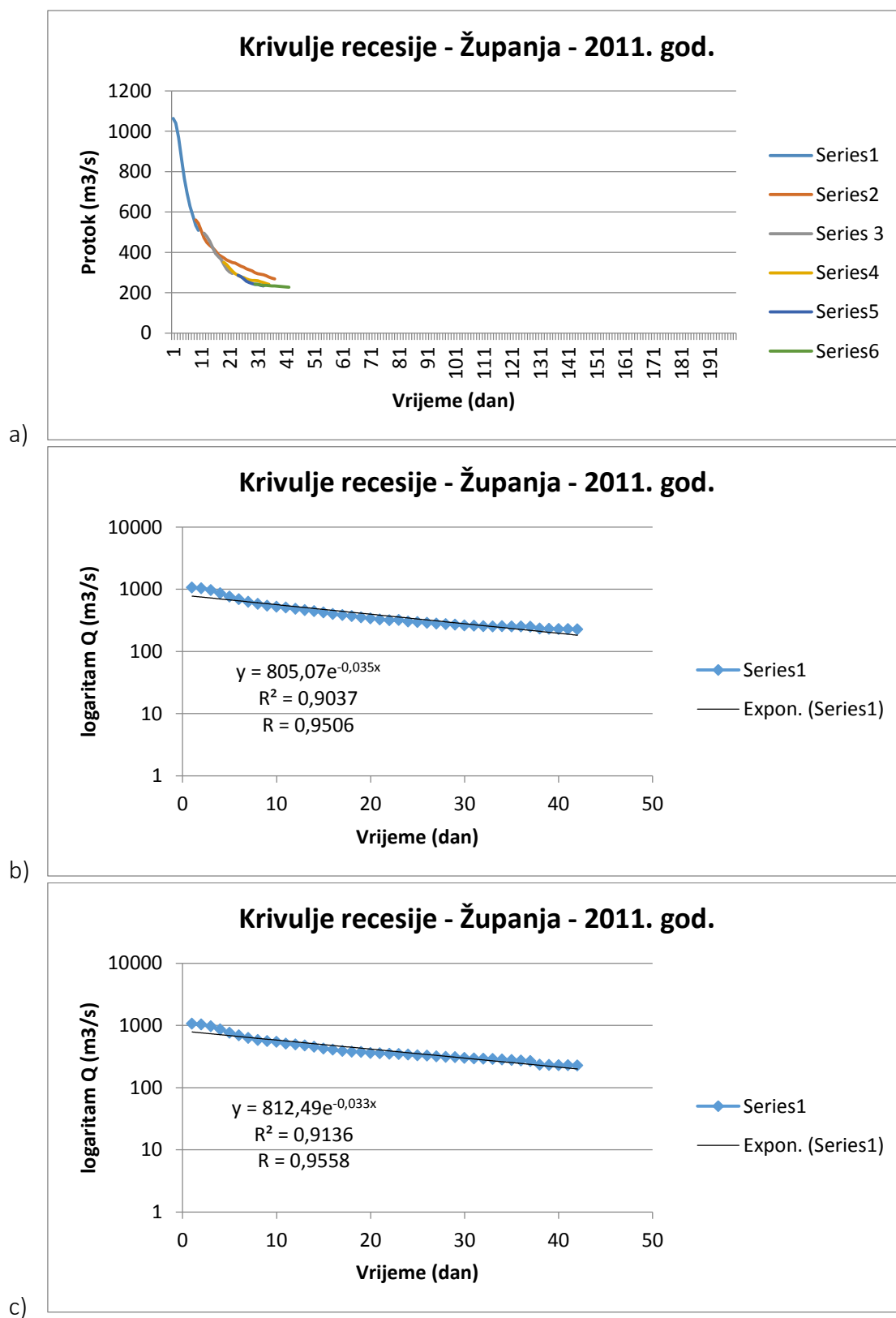
Slika 6.15.: Krivulje recesije – Slavonski Brod – 12.06.-21.10.2011. god. a) Izdvojene recesije, b) Krivulja pražnjenja „tabulation“ metodom, c) Krivulja pražnjenja „matching strip“ metodom



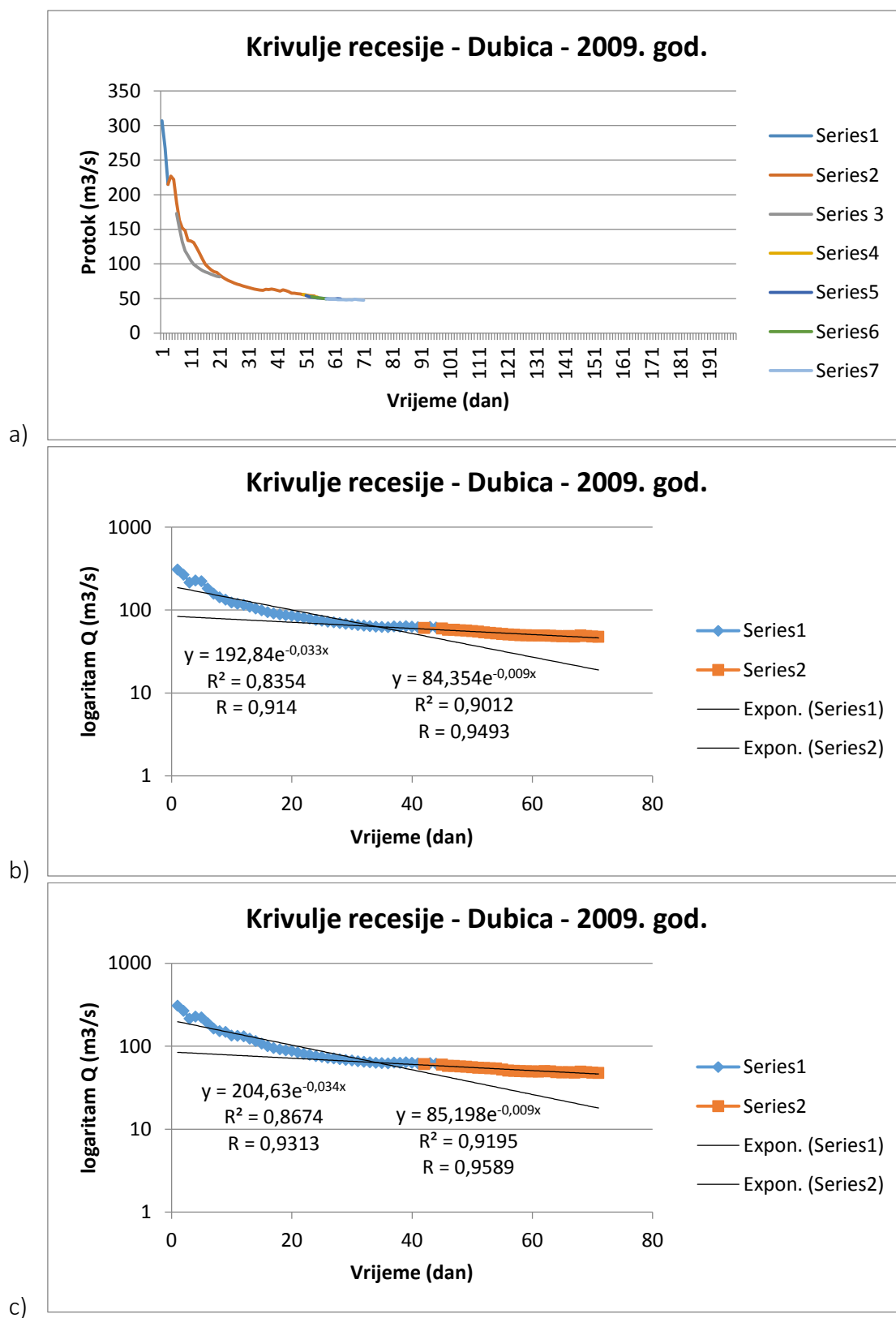
Slika 6.16.: Krivulje recesije – Županja – 04.06.-04.10.2009. god. a) Izdvojene recesije, b) Krivulja pražnjenja „tabulation“ metodom, c) Krivulja pražnjenja „matching strip“ metodom



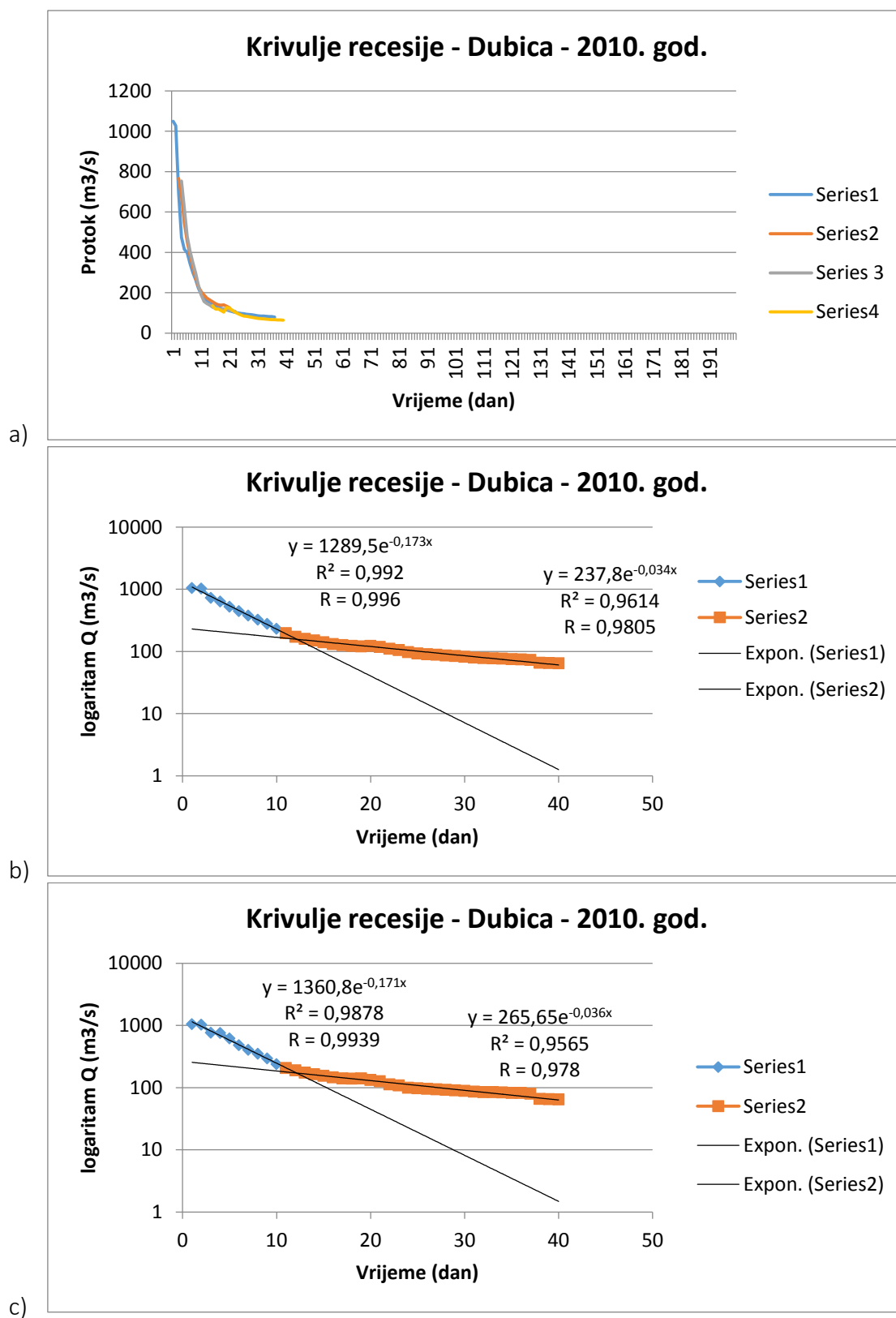
Slika 6.17.: Krivulje recesije – Županja – 04.06.-19.10.2010. god. a) Izdvojene recesije, b) Krivulja pražnjenja „tabulation“ metodom, c) Krivulja pražnjenja „matching strip“ metodom



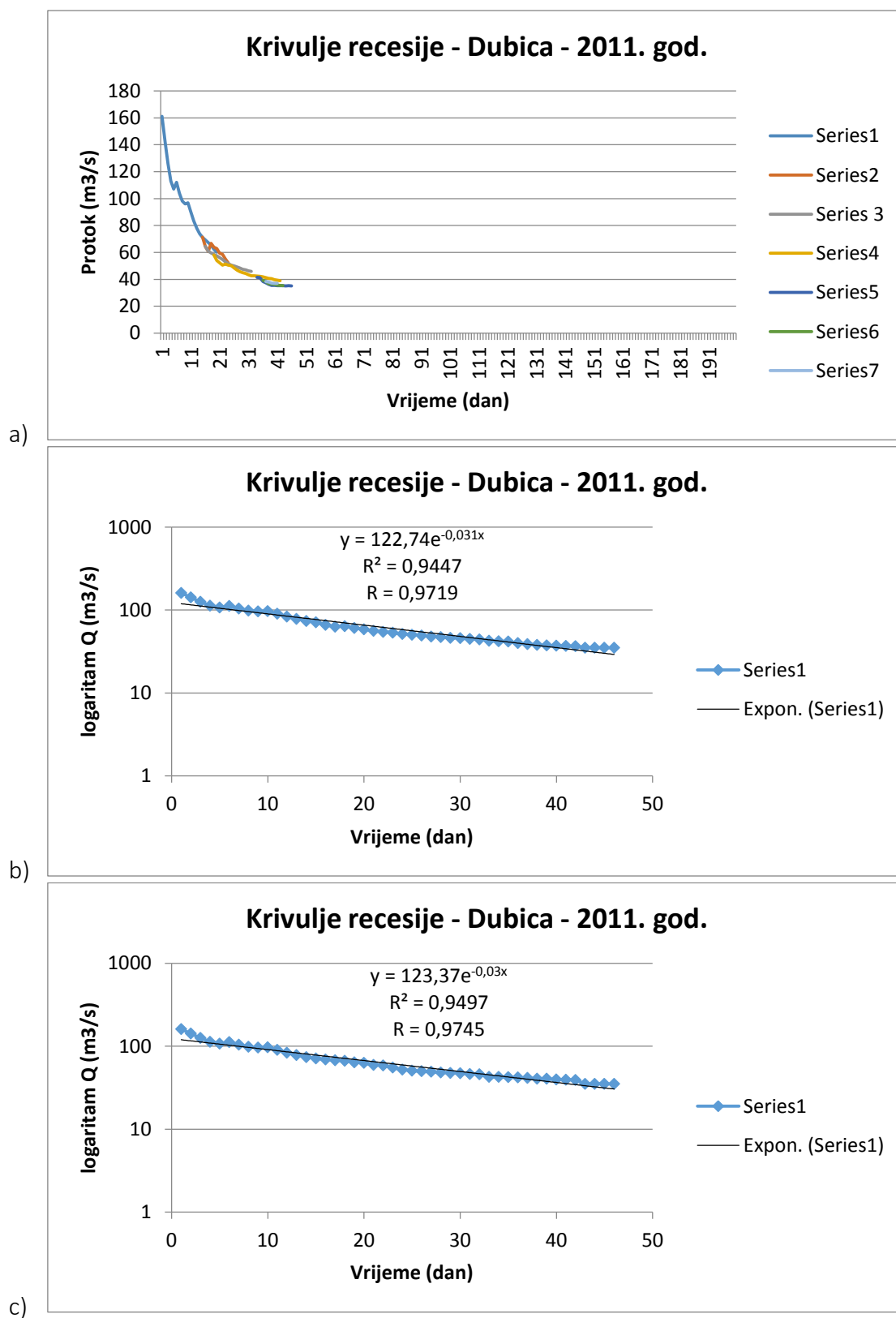
Slika 6.18.: Krivulje recesije – Županja – 13.06.-05.10.2011. god. a) Izdvojene recesije, b) Krivulja pražnjenja „tabulation“ metodom, c) Krivulja pražnjenja „matching strip“ metodom



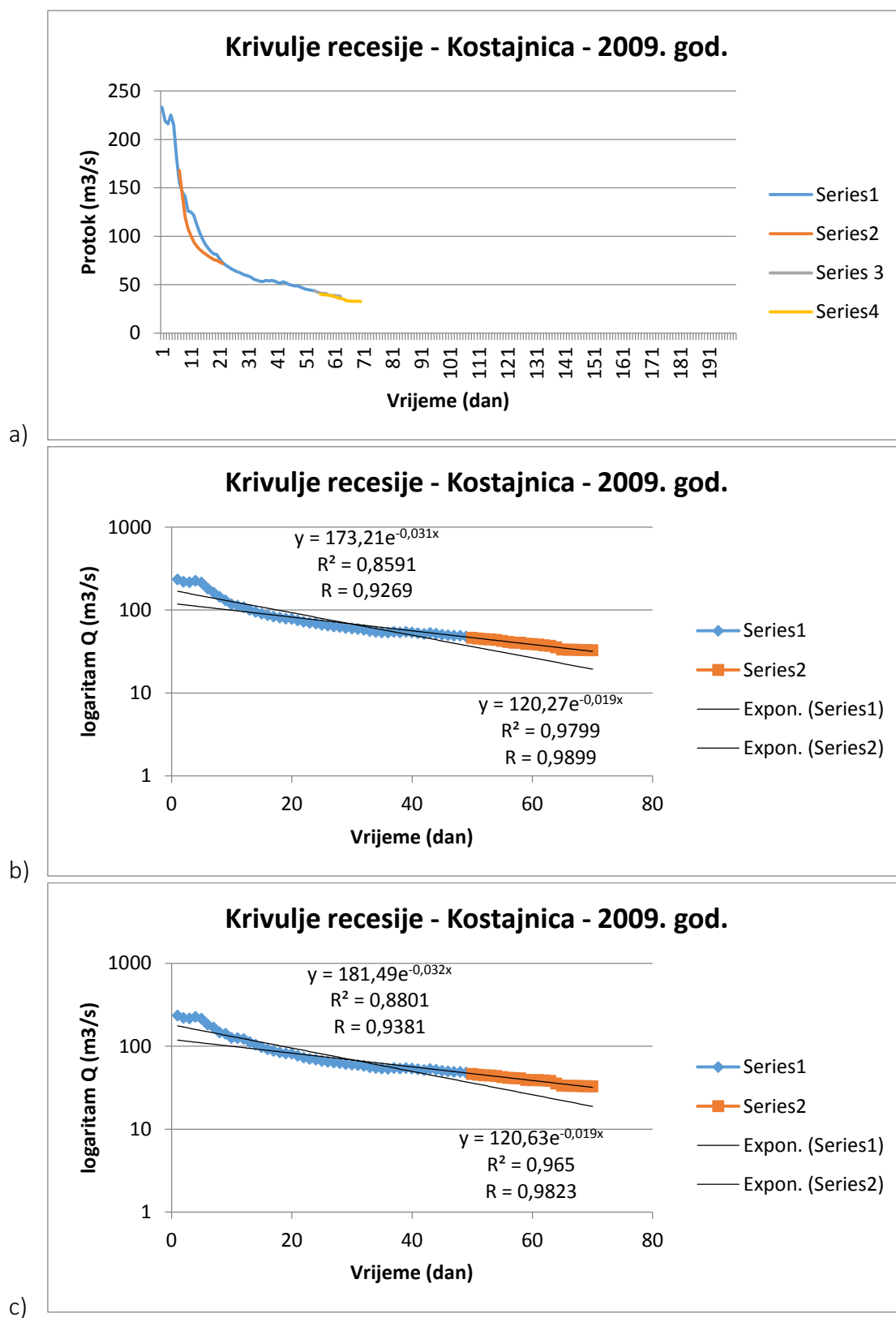
Slika 6.19.: Krivulje recesije –Dubica – 04.06.-07.10.2009. god. a) Izdvojene recesije, b) Krivulja pražnjenja „tabulation“ metodom, c) Krivulja pražnjenja „matching strip“ metodom



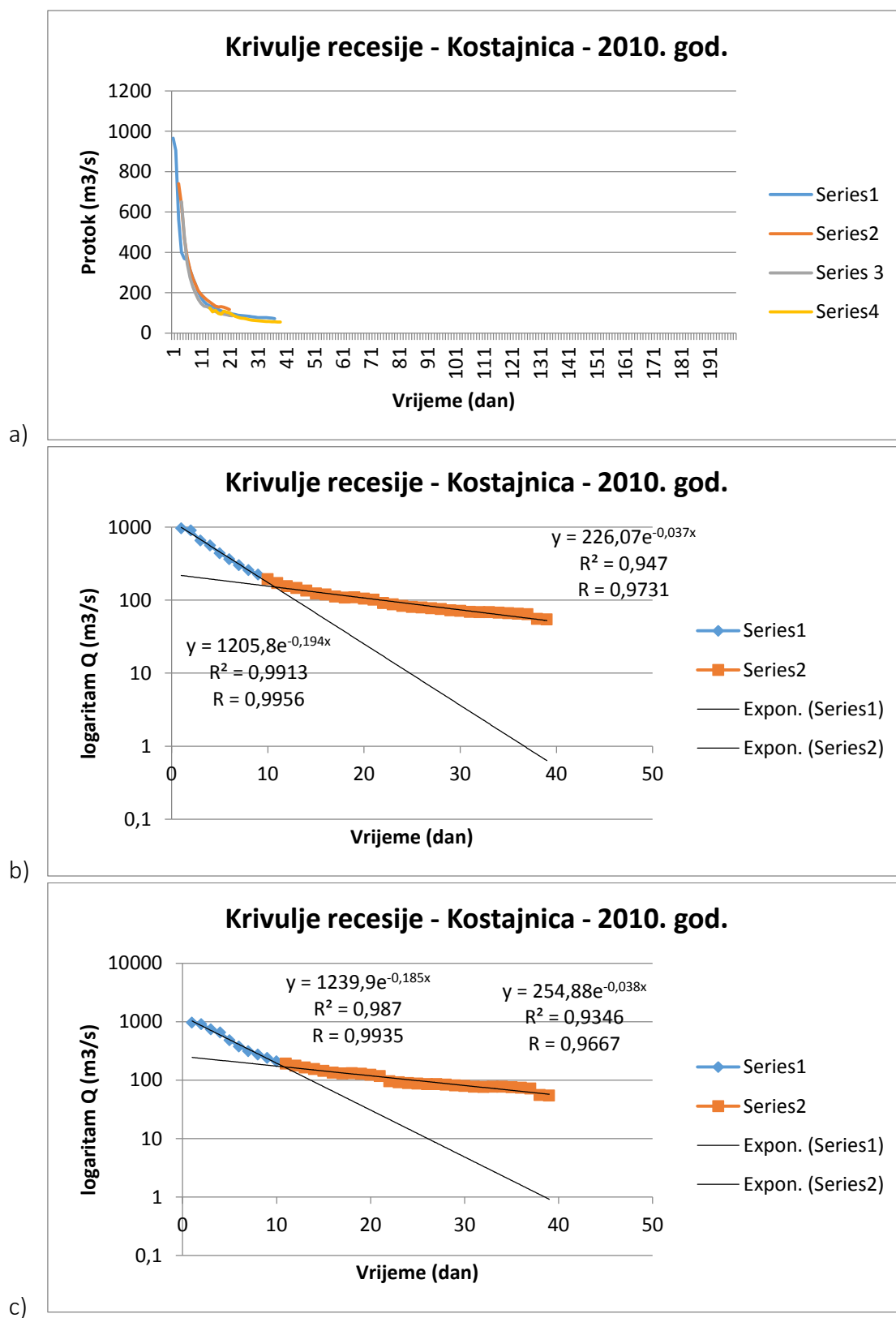
Slika 6.20.: Krivulje recesije – Dubica – 01.06.-16.10.2010. god. a) Izdvojene recesije, b) Krivulja pražnjenja „tabulation“ metodom, c) Krivulja pražnjenja „matching strip“ metodom



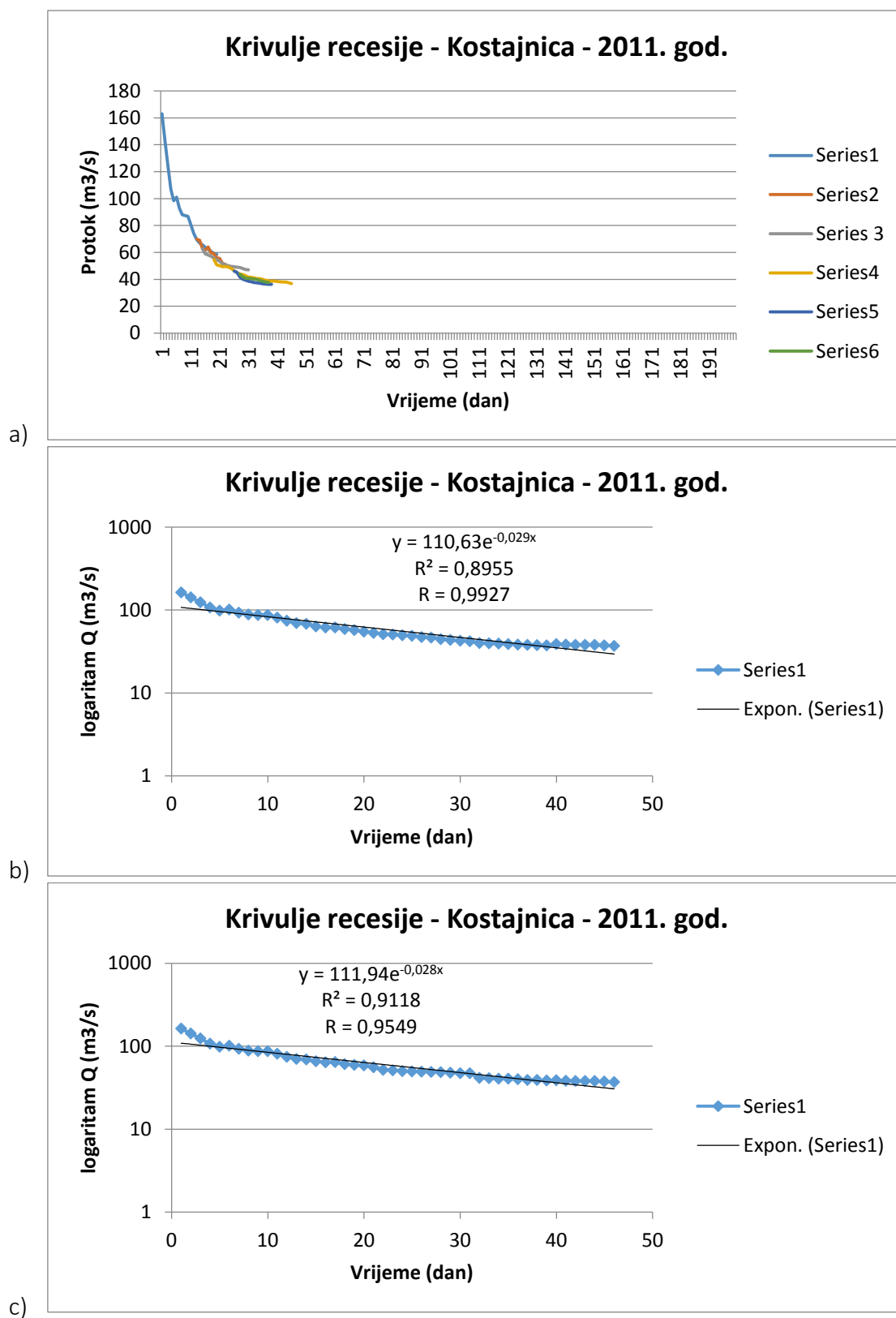
Slika 6.21.: Krivulje recesije – Dubica – 11.06.-16.10.2011. god. a) Izdvojene recesije, b) Krivulja pražnjenja „tabulation“ metodom, c) Krivulja pražnjenja „matching strip“ metodom



Slika 6.22.: Krivulje recesije – Kostajnica – 04.06.-01.10.2009. god. a) Izdvojene recesije, b) Krivulja pražnjenja „tabulation“ metodom, c) Krivulja pražnjenja „matching strip“ metodom



Slika 6.23.: Krivulje recesije – Kostajnica – 01.06.-15.10.2010. god. a) Izdvojene recesije, b) Krivulja pražnjenja „tabulation“ metodom, c) Krivulja pražnjenja „matching strip“ metodom



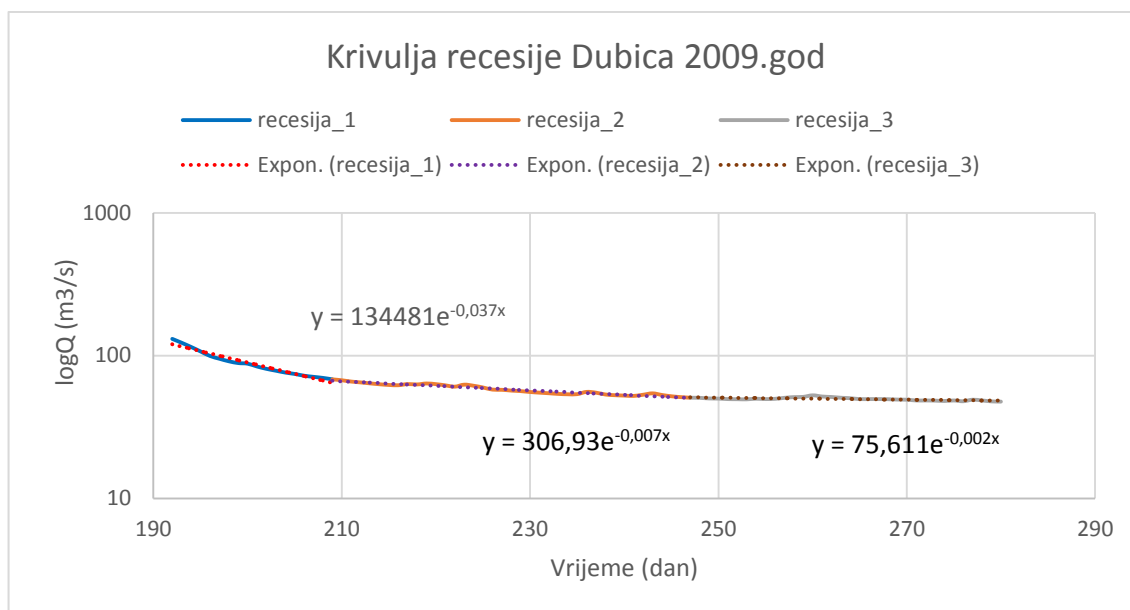
Slika 6.24.: Krivulje recesije – Kostajnica – 11.06.-19.10.2011. god. a) Izdvojene recesije, b) Krivulja pražnjenja „tabulation“ metodom, c) Krivulja pražnjenja „matching strip“ metodom

	2009.		2010.		2011.	
	Tabulation metoda	Matching strip metoda	Tabulation metoda	Matching strip metoda	Tabulation metoda	Matching strip metoda
Zagreb	$\alpha_1 = 0,127$	$\alpha_1 = 0,081$	$\alpha_1 = 0,225$	$\alpha_1 = 0,221$	$\alpha_1 = 0,163$	$\alpha_1 = 0,082$
	$\alpha_2 = 0,037$	$\alpha_2 = 0,047$	$\alpha_2 = 0,083$	$\alpha_2 = 0,089$	$\alpha_2 = 0,021$	$\alpha_2 = 0,029$
Jasenovac	$\alpha = 0,047$	$\alpha = 0,047$	$\alpha_1 = 0,079$	$\alpha_1 = 0,060$	$\alpha_1 = 0,057$	$\alpha_1 = 0,047$
			$\alpha_2 = 0,035$	$\alpha_2 = 0,034$	$\alpha_2 = 0,013$	$\alpha_2 = 0,013$
Mačkovac	$\alpha_1 = 0,038$	$\alpha_1 = 0,039$	$\alpha_1 = 0,060$	$\alpha_1 = 0,080$	$\alpha = 0,033$	$\alpha = 0,033$
	$\alpha_2 = 0,060$	$\alpha_2 = 0,060$	$\alpha_2 = 0,060$	$\alpha_2 = 0,050$		
Slavonski Brod	$\alpha = 0,041$	$\alpha = 0,042$	$\alpha = 0,058$	$\alpha = 0,042$	$\alpha = 0,042$	$\alpha = 0,038$
Županja	$\alpha = 0,045$	$\alpha = 0,048$	$\alpha_1 = 0,050$	$\alpha_1 = 0,050$	$\alpha = 0,035$	$\alpha = 0,033$
			$\alpha_2 = 0,048$	$\alpha_2 = 0,048$		
Dubica	$\alpha_1 = 0,033$	$\alpha_1 = 0,034$	$\alpha_1 = 0,173$	$\alpha_1 = 0,171$	$\alpha = 0,031$	$\alpha = 0,030$
	$\alpha_2 = 0,009$	$\alpha_2 = 0,009$	$\alpha_2 = 0,034$	$\alpha_2 = 0,036$		
Kostajnica	$\alpha_1 = 0,031$	$\alpha_1 = 0,032$	$\alpha_1 = 0,194$	$\alpha_1 = 0,185$	$\alpha = 0,029$	$\alpha = 0,028$
	$\alpha_2 = 0,019$	$\alpha_2 = 0,019$	$\alpha_2 = 0,037$	$\alpha_2 = 0,038$		

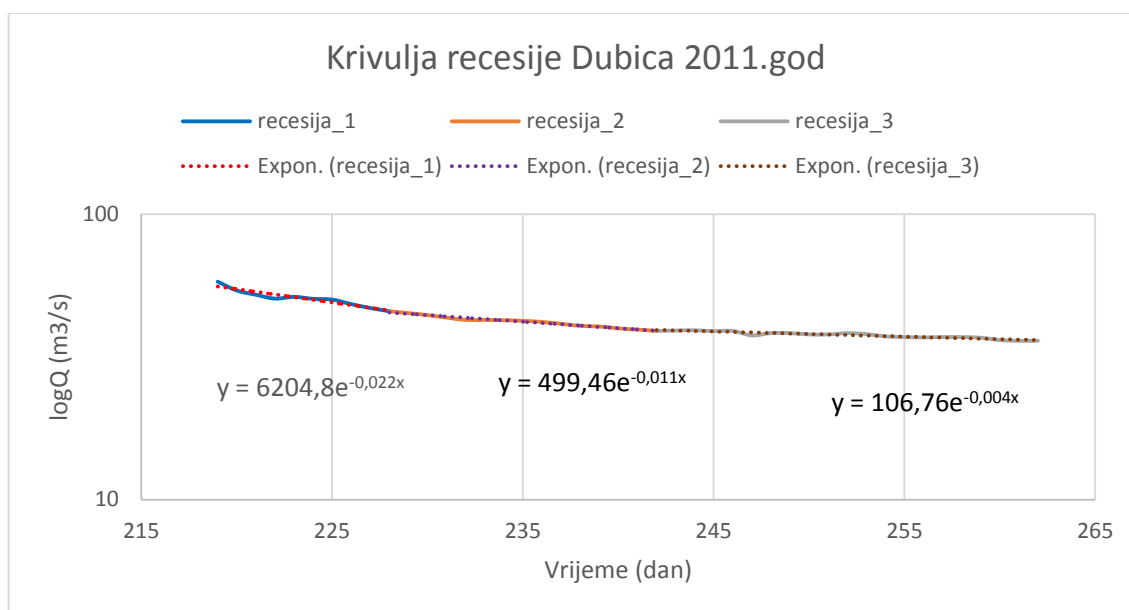
Tablica 6.2.: Prikaz koeficijenta recesije za mjerne stanice koje se analiziraju u ovom radu za 2009.-2011. god. – mjerna jedinica za α je sec^{-1}

Ako se pogledaju hidrografi Dubice i Kostajnice za 2009. i 2011. godinu (Slika 4.11. i 4.12.), može se primjetiti kako recesijski periodi od lipnja do studenog imaju nešto duži „rep“, tj. duži su bezoborinski periodi. Naime, kod ova 4 slučaja na rijeci Uni primjeti se kako u tim razdobljima oborine „ne remete“ hidrograme kao u ostalim slučajevima na mjernim stanicama Save.

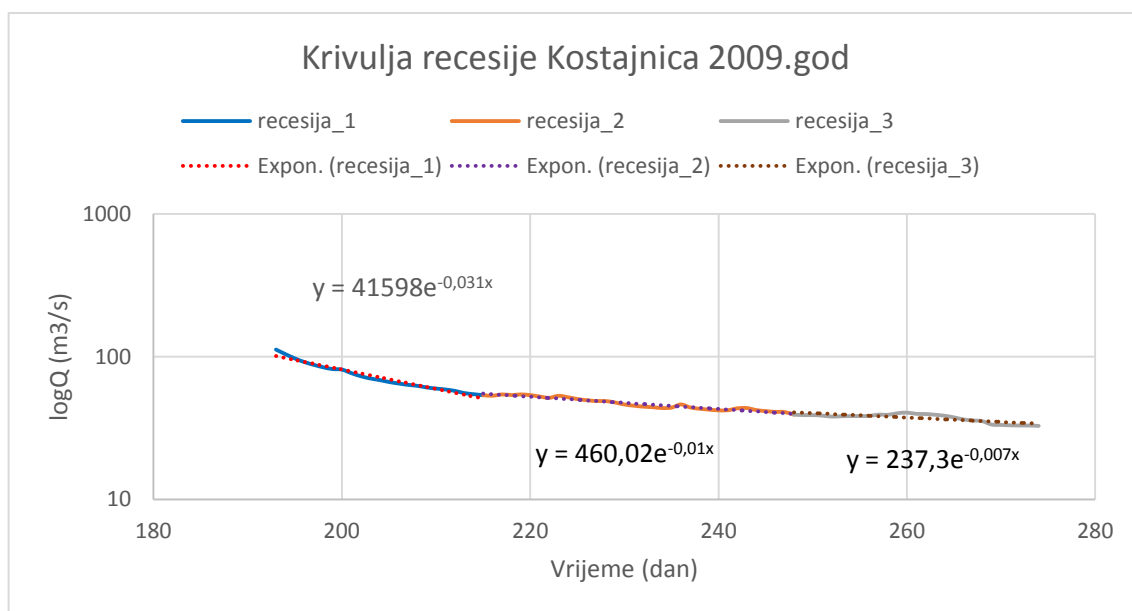
Iz tog razloga su navedena 4 slučaja posebno izdvojena u nastavku te u računalnom programu „Microsoft Excel“ su izdvojeni recesijski periodi od lipnja do listopada za 2009. i 2011. godinu i određene su krivulje pražnjenja (Slika 6.25. – Slika 6.28.). Krivulje pražnjenja su prikazane eksponencijalnim „trendline-om“ u polu-logaritamskom mjerilu te su iz nagiba određeni koeficijenti recesije. U ova 4 slučaja dobila su se 3 koeficijenta recesije (α_1 , α_2 i α_3) gdje se može primjetiti da je svaki α_3 koeficijent reda veličine 10^{-3} (Tablica 6.3.). Taj red veličine ukazuje na sporije pražnjenje.



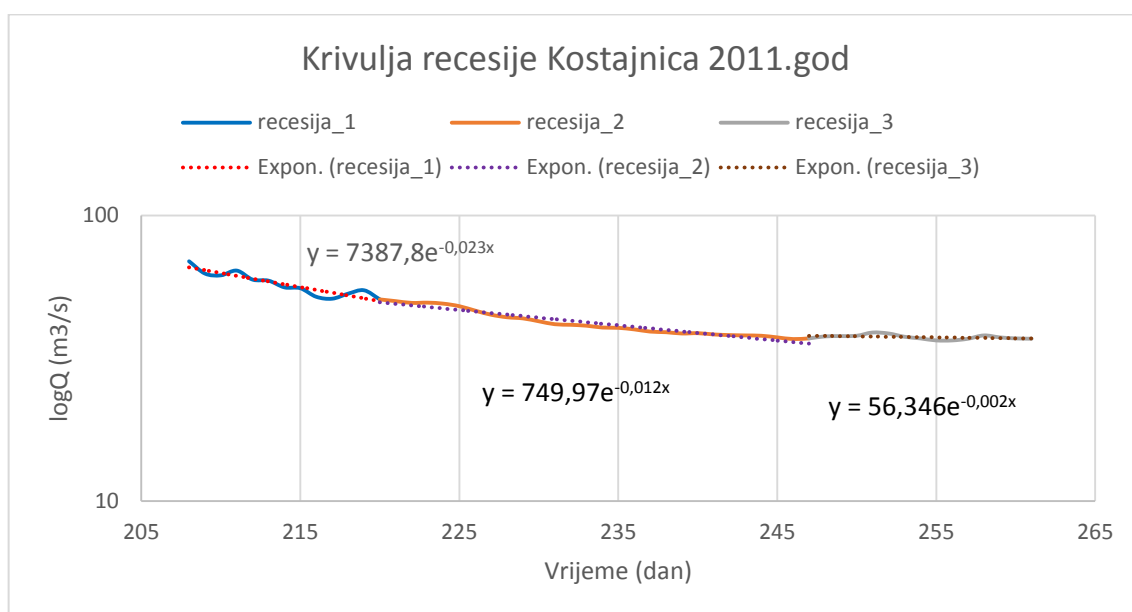
Slika 6.25.: Krivulje recesije –Dubica – 04.06.-07.10.2009. god.



Slika 6.26.: Krivulje recesije – Dubica – 11.06.-16.10.2011. god.



Slika 6.27.: Krivulje recesije – Kostajnica – 04.06.-01.10.2009. god.



Slika 6.28.: Krivulje recesije – Kostajnica – 11.06.-19.10.2011. god.

	Dubica		Kostajnica	
	2009.	2011.	2009.	2011.
$\alpha_1 \text{ (sec}^{-1}\text{)}$	0,037	0,022	0,031	0,023
$\alpha_2 \text{ (sec}^{-1}\text{)}$	0,007	0,011	0,010	0,012
$\alpha_3 \text{ (sec}^{-1}\text{)}$	0,002	0,004	0,012	0,002

Tablica 6.3.: Koeficijenti recesije za mjerne stanice Dubicu i Kostajnicu za 2009. i 2011. god.

7. KORELACIJA

Korelacija ili jednostavno povezanost (asocijacija, odnos) predstavlja sukladnost u variranju vrijednosti dvaju ili više varijabli, prilikom čega su varijable numeričke (kvantitativne). Za razliku od determinističkog odnosa među varijablama (gdje se za svaku vrijednost jedne varijable točno zna vrijednost druge varijable), u ovom radu se promatraju varijable stohastičkog ili statističkog odnosa (gdje se na osnovi vrijednosti jedne varijable ne može sa sigurnošću predvidjeti vrijednost druge varijable). Cilj korelacije je utvrditi postoji li povezanost među varijablama, kolika je jakost veze te može li se varijabla koja je predmet statističke analize prognozirati pomoću opaženih vrijednosti druge varijable (drugih varijabli).

Potpuna korelacija ili funkcionalna veza postoji kada svakoj vrijednosti varijable X odgovara samo jedna vrijednost u drugoj varijabli Y. **Djelomična korelacija** znači da određenoj vrijednosti varijable X odgovara više različitih vrijednosti varijable Y. Što je korelacija manja, to je veća varijabilnost vrijednosti varijable Y koje se pojavljuju uz neku određenu vrijednost varijable X.

Regresijska analiza se bavi utvrđivanjem analitičkog izraza povezanosti među varijablama. Njome se želi istražiti mogućnost procjene vrijednosti jedne varijable (Y) na temelju poznate vrijednosti druge varijable (X). Crta regresije pokazuje tip odnosa između varijabli:

- ako se radi o pravcu, povezanost je linearna i određena jednadžbom *pravca regresije*
- ako nije pravac, radi se o zakrivljenoj regresiji.

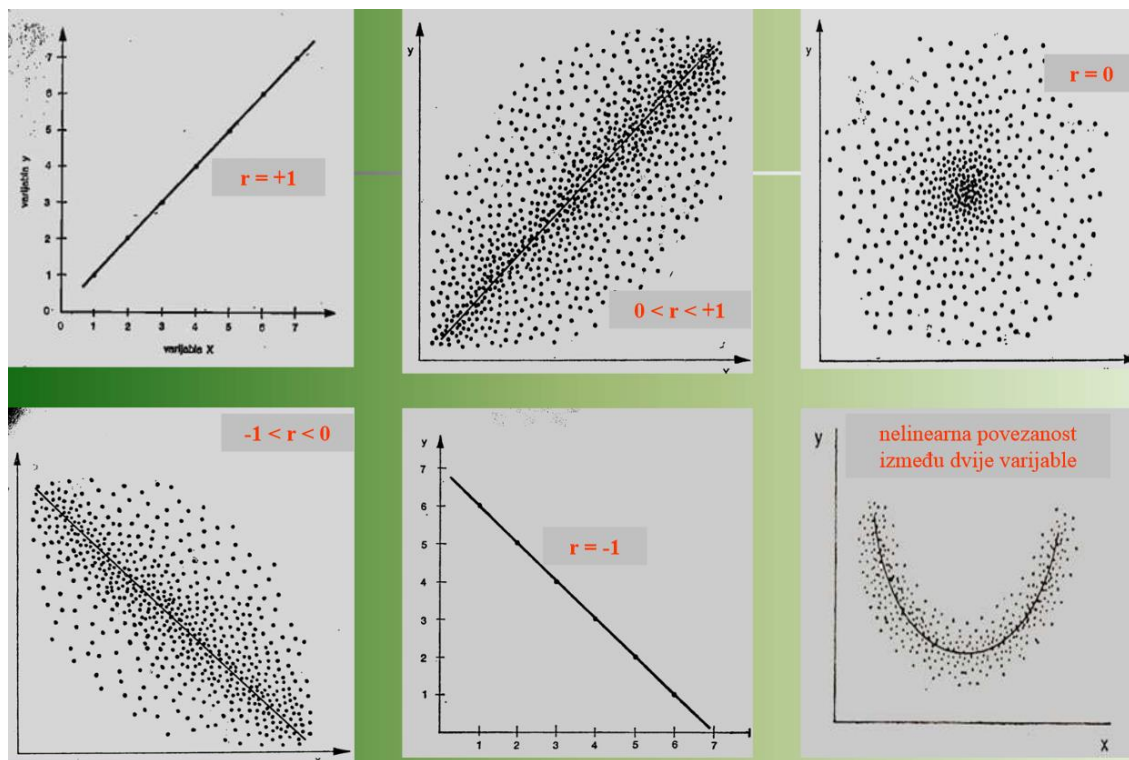
Ako se promatra **n parova** (x_i, y_i) , $i=1,2,3,...,n$ dvaju numeričkih varijabli X i Y za koje se može definirati dvodimenzionalni točkasti dijagram ili **dijagram raspršenja** – pripadajuće točke svakog pojedinačnog para. Na dijagramu se dobije određeni razmještaj točaka koji može sugerirati povezanosti dviju varijabli X i Y, tj. njihova *korelacija*. Na osnovi same veličine korelacije ne može se zaključiti ništa o uzročno-posljedičnom odnosu među varijablama.

Koeficijent korelacije r (bezdimenzionalna veličina) je pokazatelj stupnja statističke povezanosti. Razlikuju se:

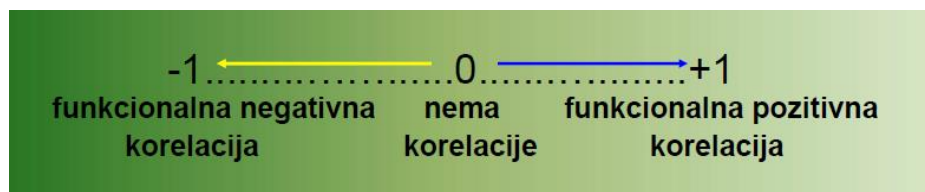
- *Pearsonov koeficijent linearne korelacije*; linearna veza između dvije varijable,

- *koeficijent višestruke linearne korelacije*; linearna veza jedne varijable u ovisnosti od dviju ili više drugih varijabli,
- *koeficijent krivolinijske korelacije*; stupanj povezanosti promatranih pojava predstavljenih redoslijednim varijablama.

Koeficijent determinacije $r^2=R$ predstavlja veličinu zajedničkog varijabiliteta dviju varijabli tj. pokazatelj je jačine povezanosti dviju varijabli X i Y koje su uključene u korelacijsku analizu. Dvostruko veća povezanost ne znači i dvostruko veću jačinu povezanosti, npr. ako povezanost iznosi $r_1 = 0,26$, jačina povezanosti biti će $r_1^2 = 0,07$ (7%) dok za dvostruko veću povezanost $r_2 = 0,52$ jačina povezanosti iznosi $r_2^2 = 0,27$ (27%).



Slika 7.1.: Oblici dijagrama raspršenja za različite vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije



Slika 7.2.: Vrijednost Pearsonova koeficijenta korelacije r pokazuje stupanj i smjer korelacije

Pearsonov koeficijent korelacije r ukazuje na to koliko su točke parova (x,y) u koordinatnom sustavu blizu pravcu regresije koji opisuje linearnu povezanost varijabli. Njime se mjeri jakost i smjer linearne korelacije po formuli:

$$r = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$$

gdje su σ_x i σ_y standardne devijacije varijabli X i Y , a σ_{xy} je **kovarijanca** – aritmetička sredina umnoška odstupanja varijabli od njihovih aritmetičkih sredina.

Vrijedi $-1 \leq r \leq 1$ te okvirni stupanj korelacije sljedećom tablicom:

$ r $	Jakost korelacije
0	Nema korelacije
0 – 0,5	Slaba korelacija
0,5 – 0,8	Srednje jaka korelacija
0,8 – 1	Jaka korelacija
1	Potpuna korelacija

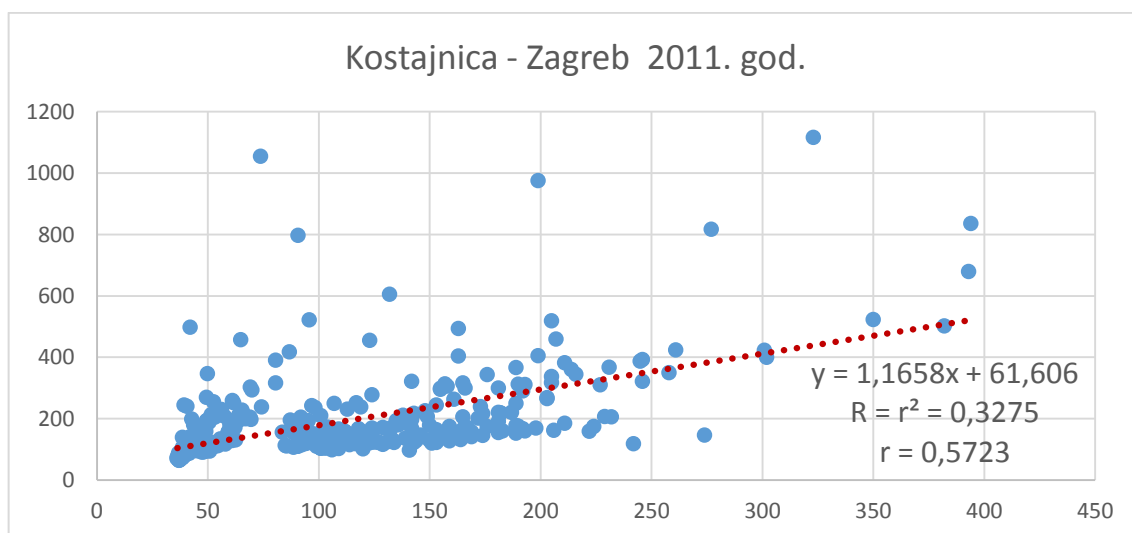
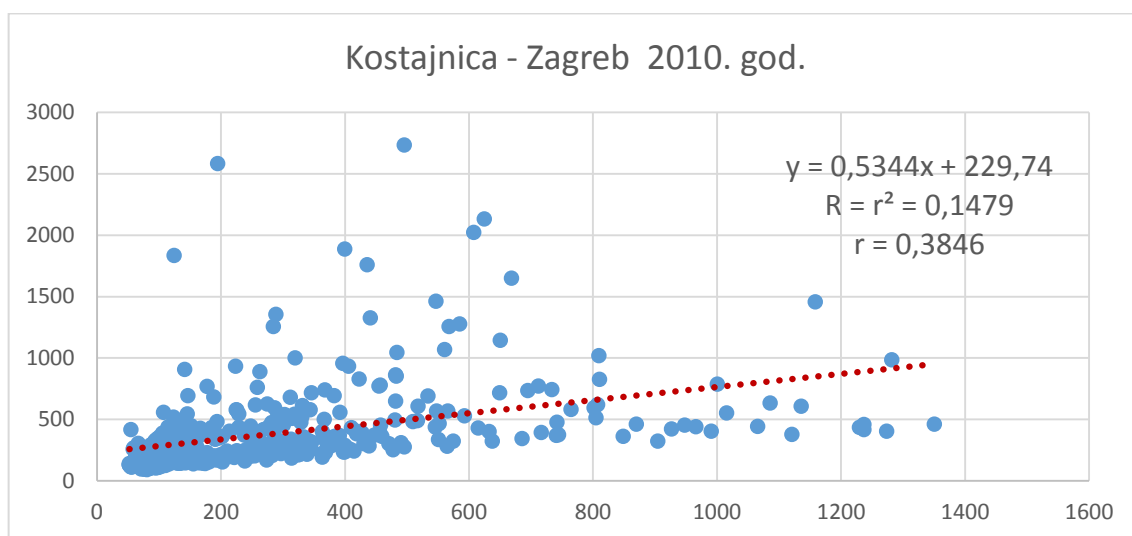
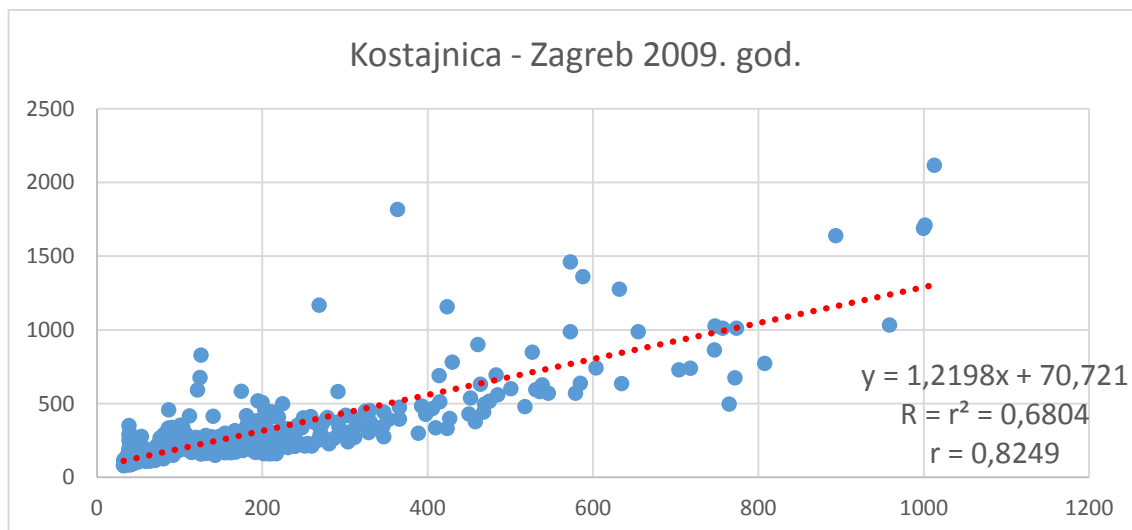
Tablica 7.1.: Okvirni stupanj korelacije za apsolutnu vrijednost koeficijenta korelacije

Najjednostavniji regresijski model zavisnosti je model jednostavne linearne regresije:

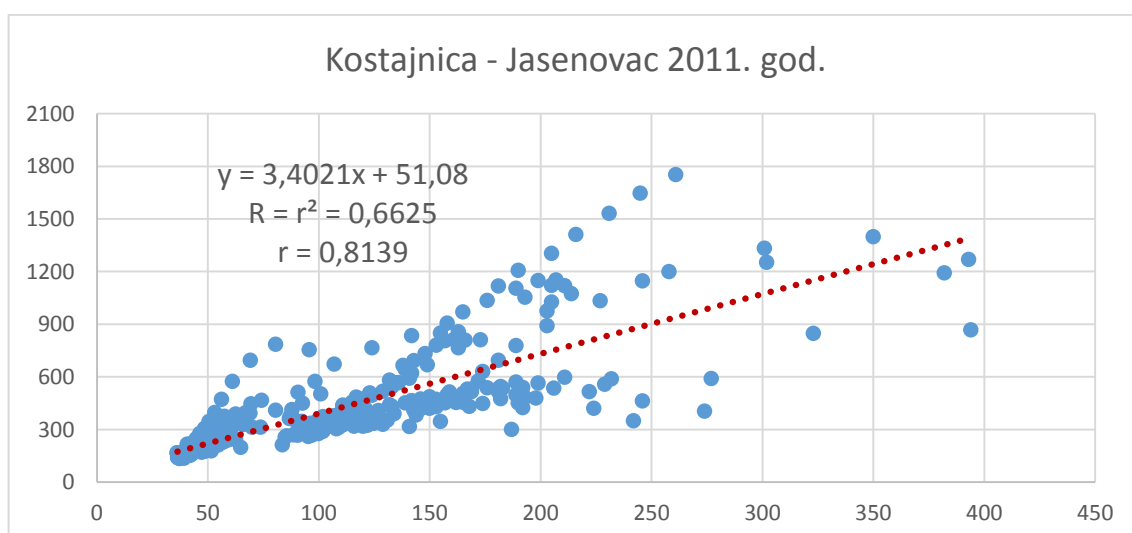
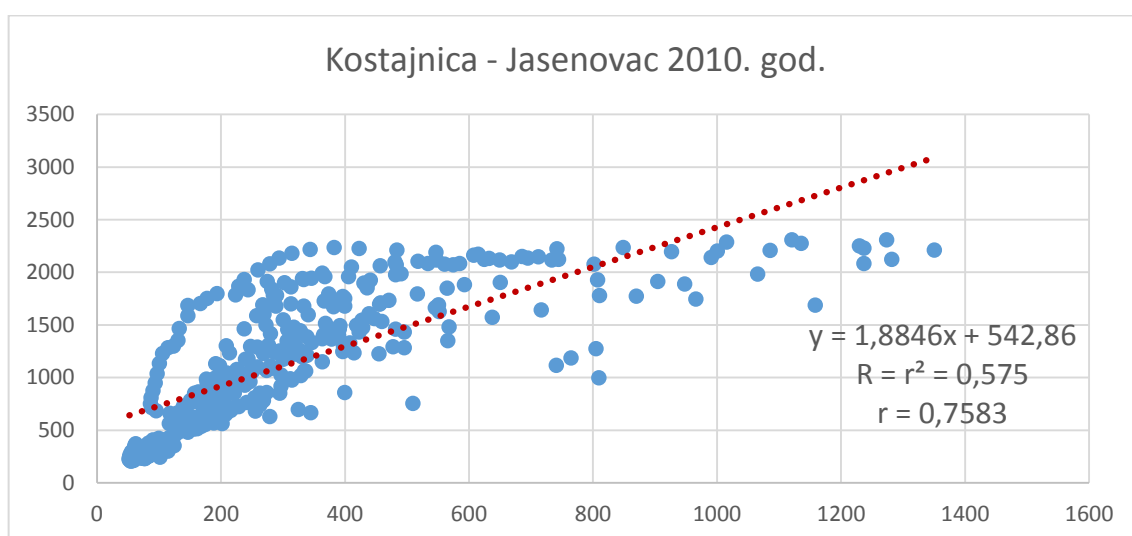
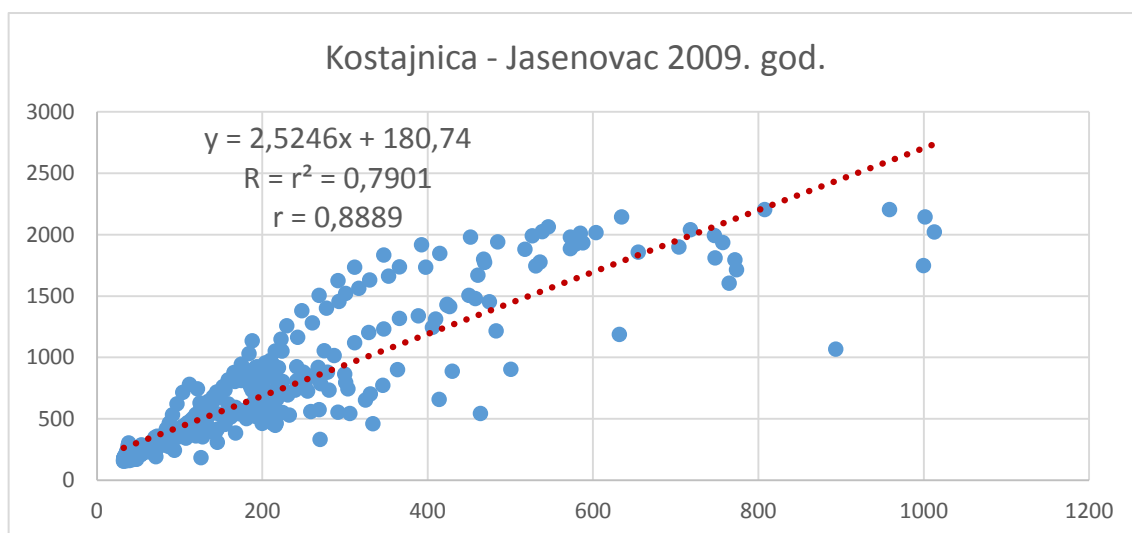
$$Y = aX + b$$

gdje su $a, b \in \mathbb{R}$. Nagib a i odsječak b regresijskog pravca se određuju metodom najmanjih kvadrata.

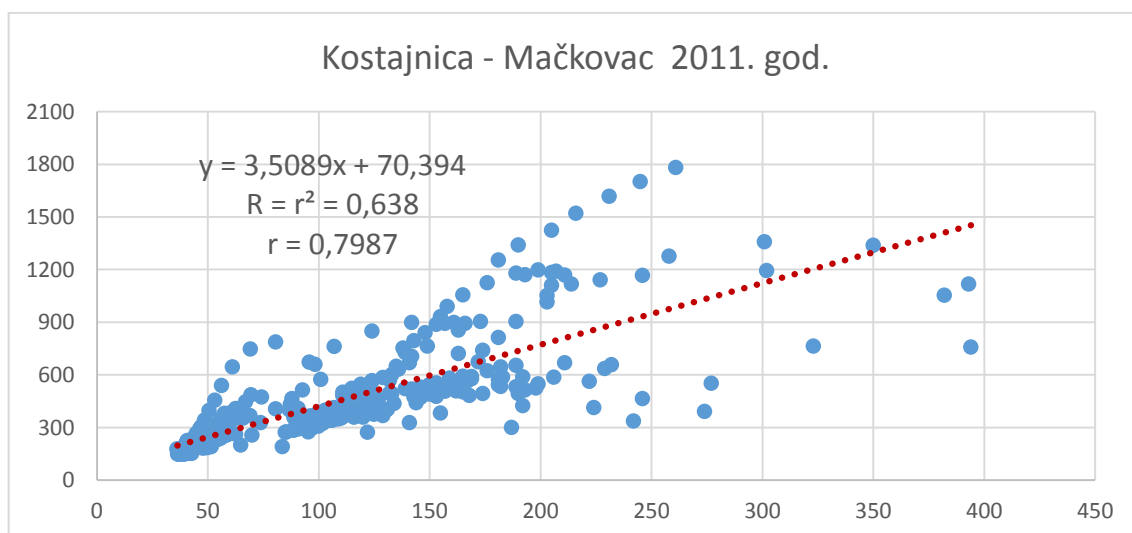
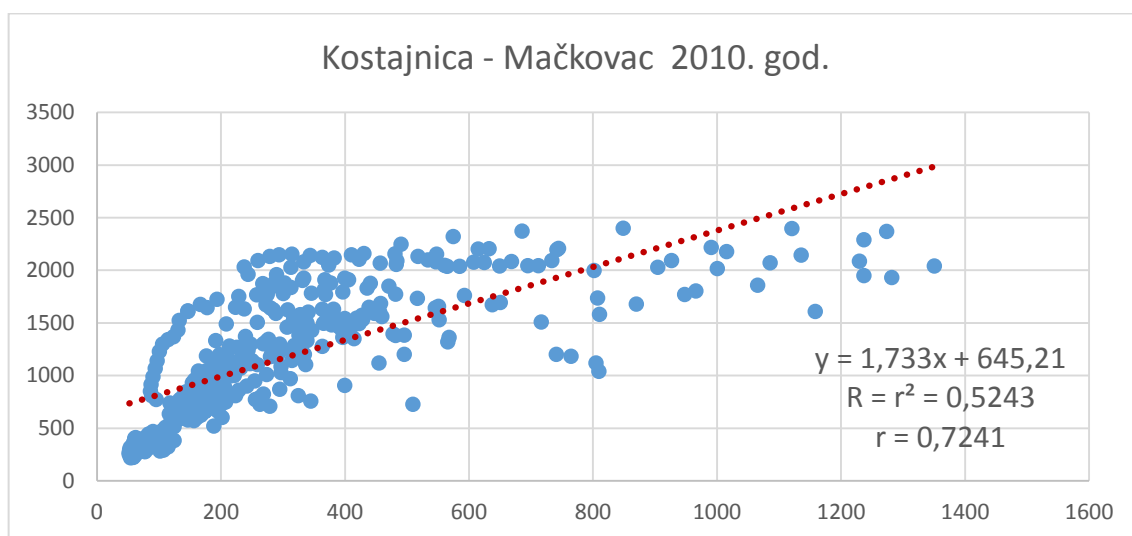
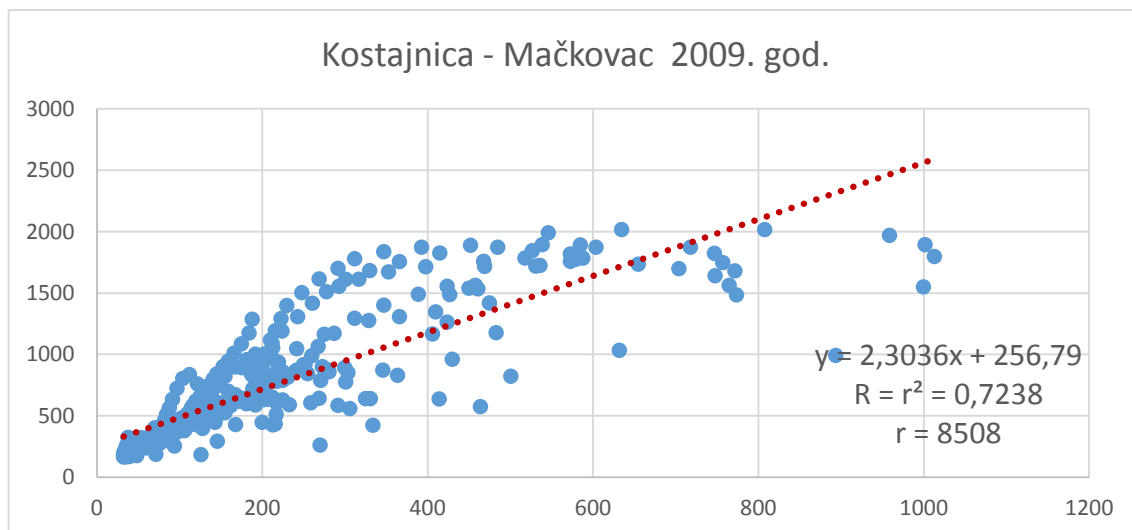
U ovom radu napravljena je linearna korelacija između podataka iz Priloga 1 tj. među podacima srednjih dnevnih protoka (Slika 7.3. – Slika 7.9.). Korelacija je napravljena između mjerne stanice Kostajnice i svih ostalih mjernih stanica (Zagreb, Jasenovac, Mačkovac, Slavonski Brod, Županja i Dubica) zasebno za godine 2009., 2010. i 2011. Na dobivenim oblicima dijagrama raspršenja primijete se velike sličnosti primjerice za odnose Kostajnica-Županja i Kostajnica-Slavonski Brod za 2010. godinu, ali i za ostale godine, što je i za očekivati obzirom da se mjerne stanice Županja i Slavonski Brod nalaze na rijeci Savi. Iz tog razloga kao primjer su izdvojene te dvije stanice na slici 7.9. gdje se vidi njihova velika korelacija. Također vrlo je zanimljiv odnos Dubice i Kostajnice gdje je korelacija vrlo velika, a što je i očekivano obzirom da su obe stanice na Uni i relativno su geografski vrlo blizu.



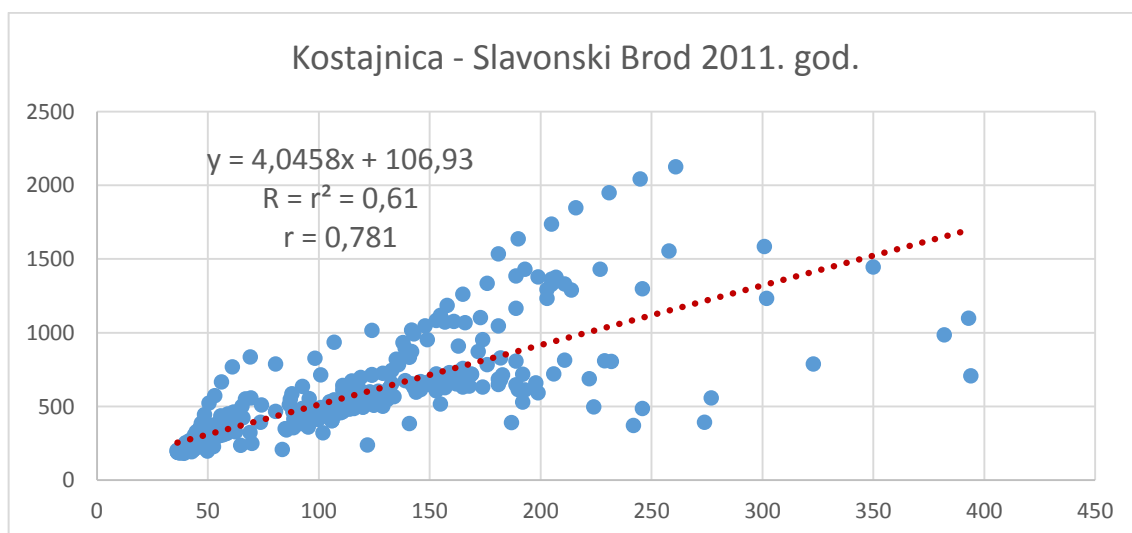
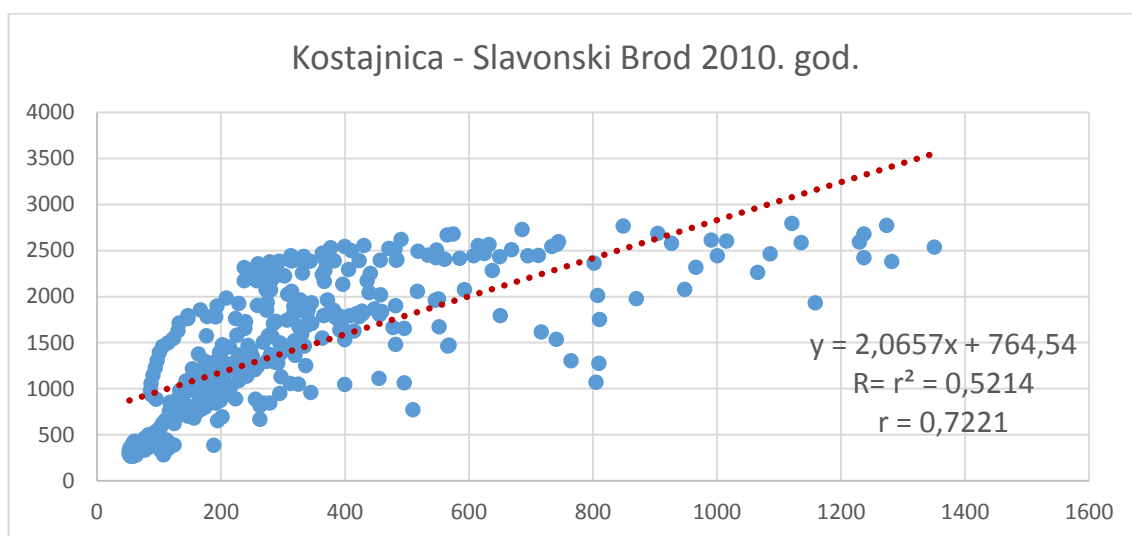
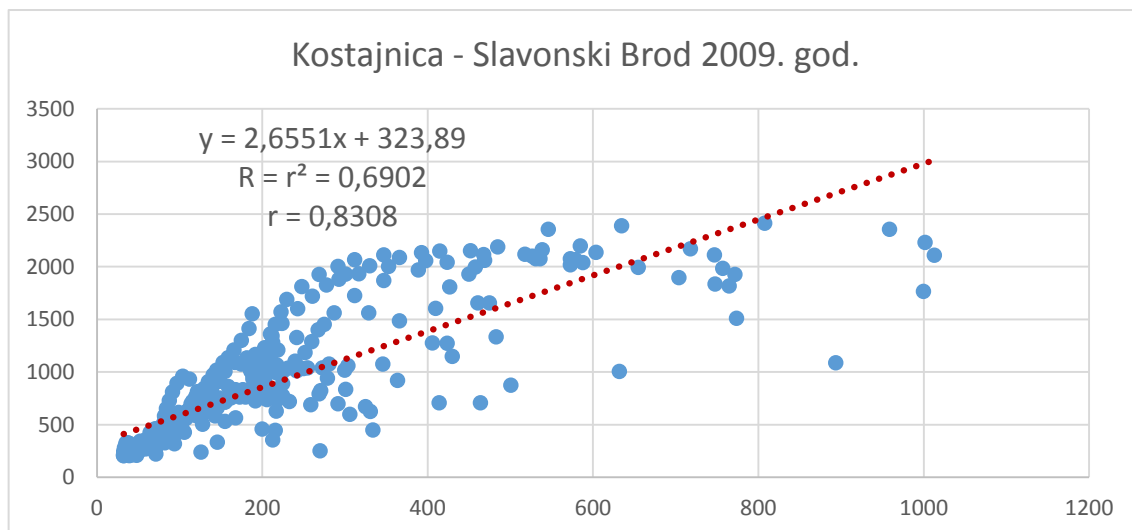
Slika 7.3.: Korelacija srednjih dnevnih protoka za mjerne stanice Kostajnicu i Zagreb za 2009.-2011. god.



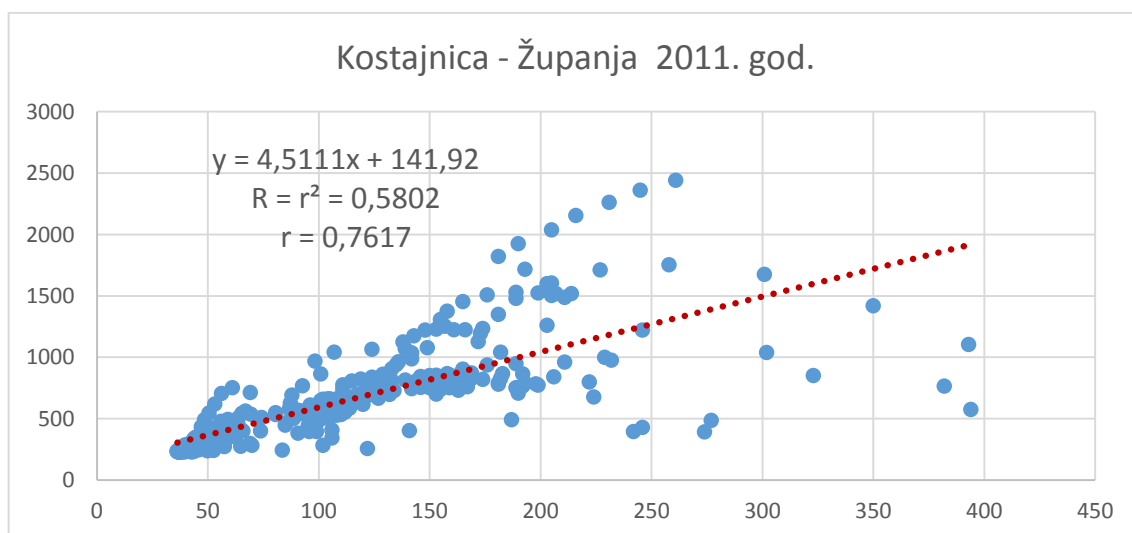
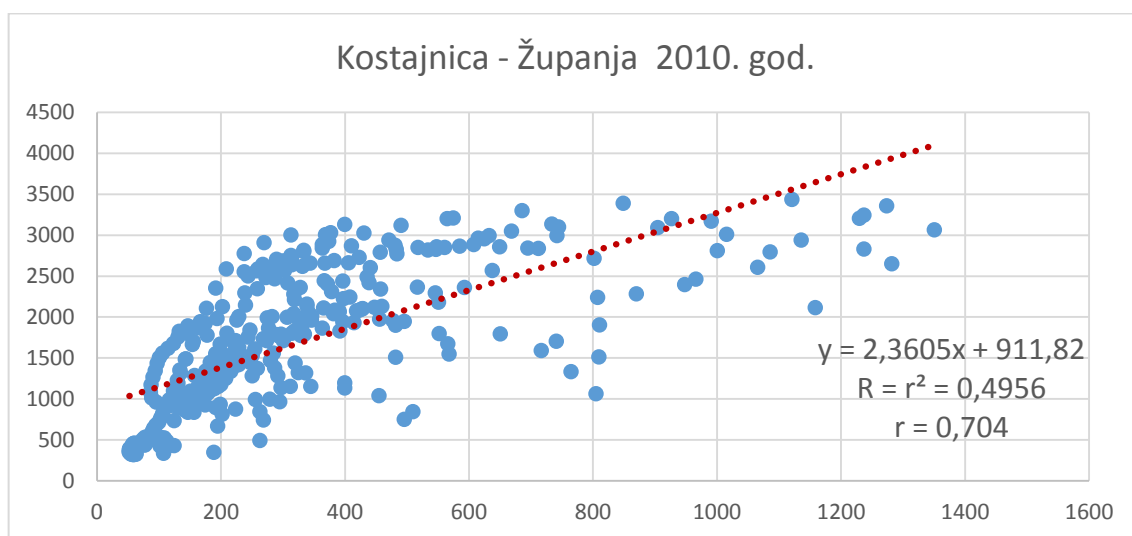
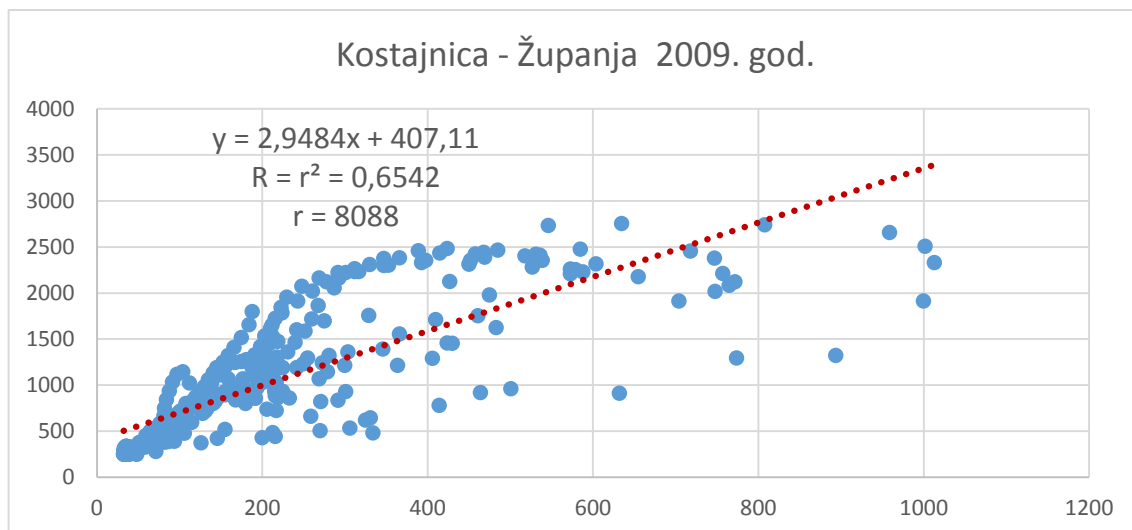
Slika 7.4.: Korelacija srednjih dnevnih protoka za mjerne stanice Kostajnicu i Jasenovac za 2009.-2011. god.



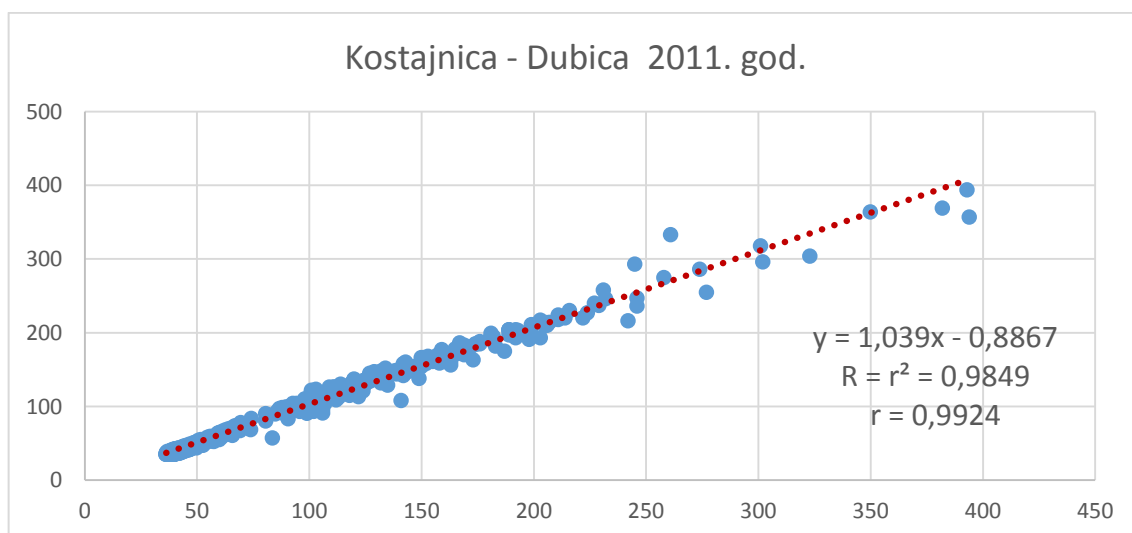
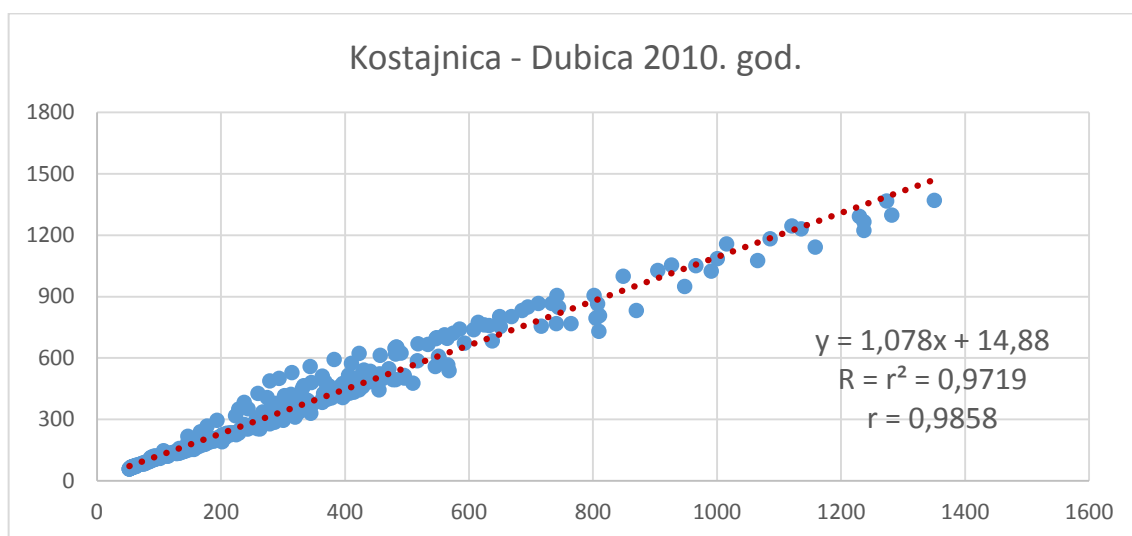
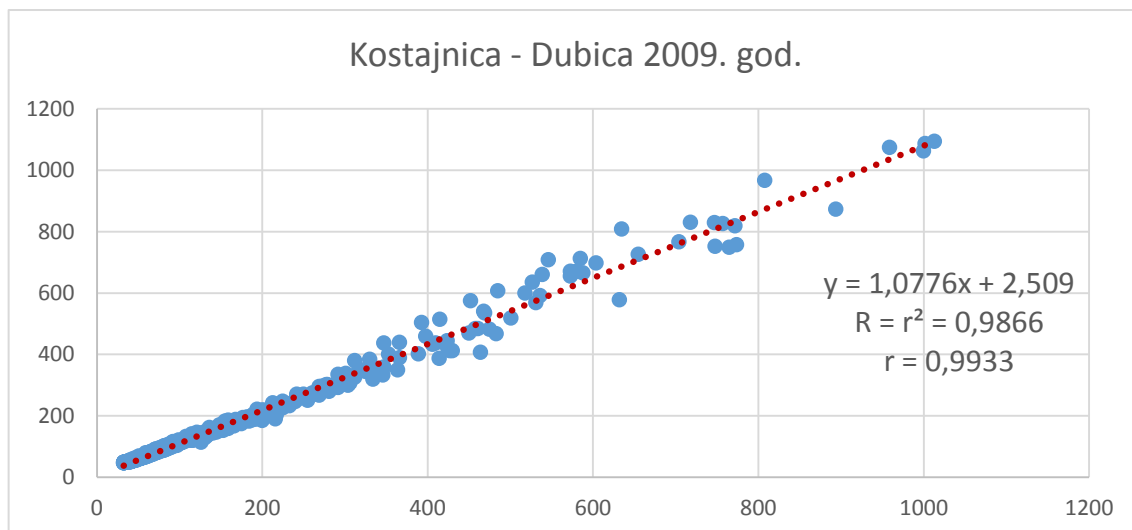
Slika 7.5.: Korelacija srednjih dnevnih protoka za mjerne stanice Kostajnicu i Mačkovac za 2009.-2011. god.



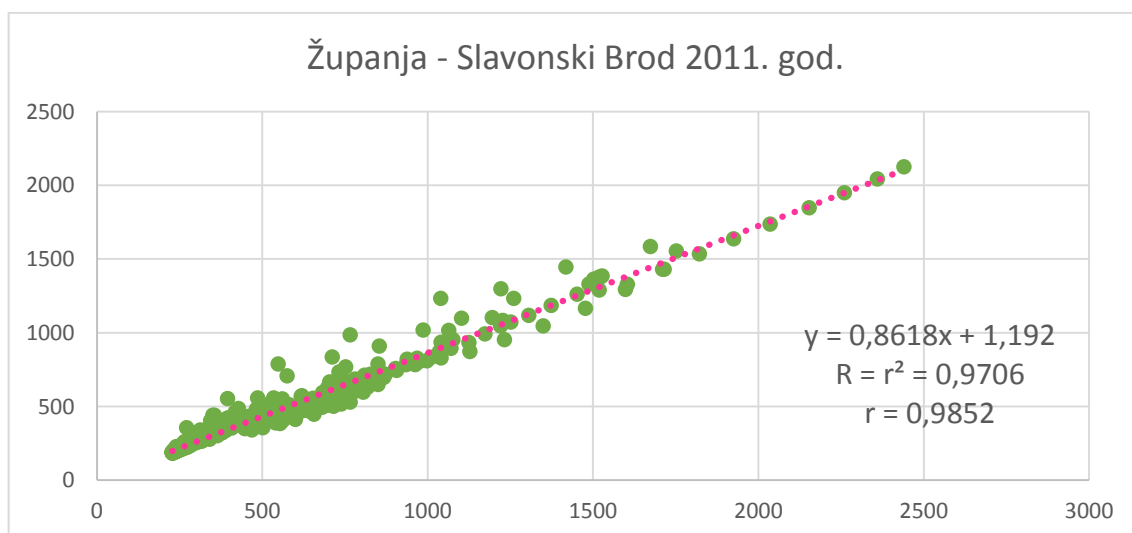
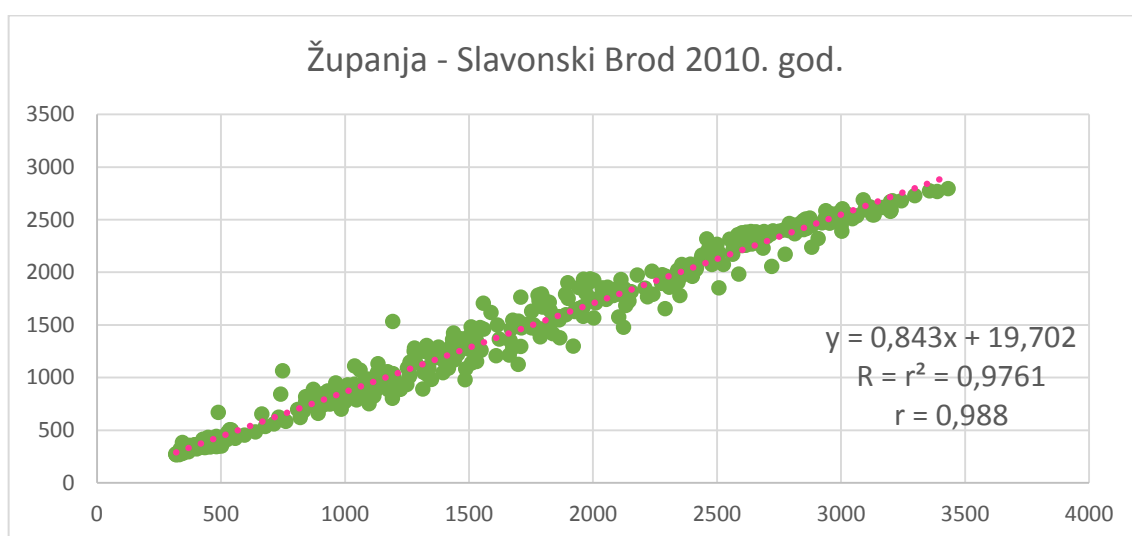
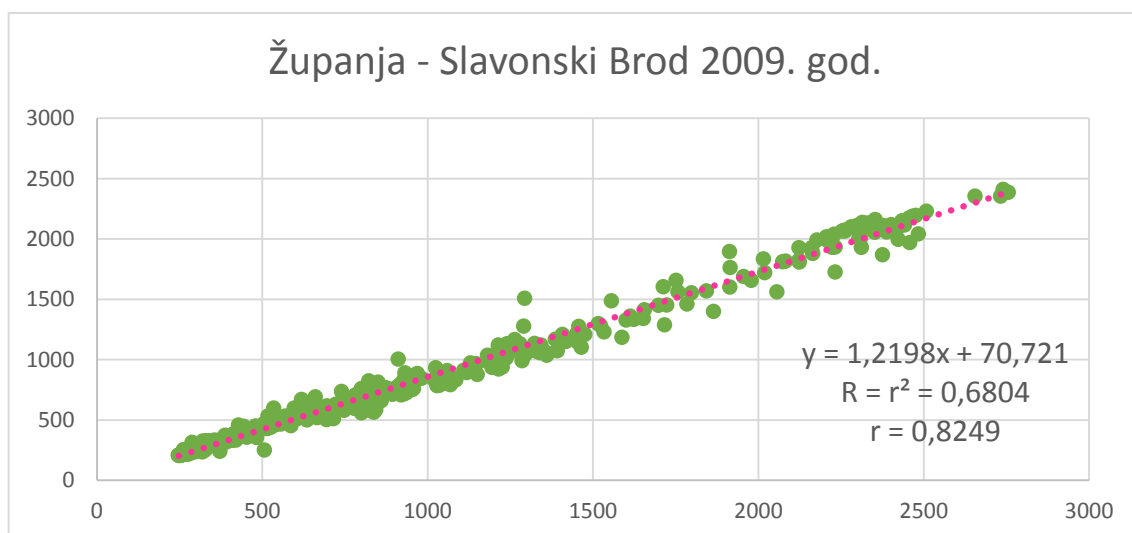
Slika 7.6.: Korelacija srednjih dnevnih protoka za mjerne stanice Kostajnicu i Slavonski Brod za 2009.-2011. god.



Slika 7.7.: Korelacija srednjih dnevnih protoka za mjerne stanice Kostajnicu i Županju za 2009.-2011. god.



Slika 7.8.: Korelacija srednjih dnevnih protoka za mjerne stanice Kostajnicu i Dubicu za 2009. - 2011. god.



Slika 7.9.: Korelacija srednjih dnevnih protoka za mjerne stanice Županju i Slavonski Brod za 2009.-2011. god.

8. ZAKLJUČAK

U ovom radu je napravljena hidrološka analiza na pet mjernih stanica na rijeci Savi i na dvije mjerne stanice na rijeci Uni.

Analiza je napravljena na temelju podataka srednjih dnevnih protoka za 2009., 2010. i 2011. godinu. Mjerne stanice na kojima je obavljena analiza su: Zagreb, Jasenovac, Mačkovac, Slavonski Brod, Županja na Savi, te Hrvatska Dubica i Kostajnica na Uni.

Ako se promotre maksimalni i minimalni protoci za sve tri godine, vrlo je lako uočiti da se na rijeci Savi maksimalni protoci javljaju sredinom mjeseca siječnja 2010. godine, a minimalni sredinom rujna 2011. godine. Ovdje „odskake“ Zagreb sa svojim maksimalnim protokom Save. Korito rijeke Save kroz Zagreb i u neposrednoj blizini grada je u potpunosti uređeno te se tijekom cijelog rada primjete odstupanja od drugih mjernih stanica u gotovo svim analizama. Maksimalni protoci na rijeci Uni se također događaju u 2010. godini, ali krajem godine. Minimalni protoci se i na rijeci Savi i na Uni javljaju u devetom mjesecu 2011. godine. Općenito, primjeti se najveći protok na mjernoj stanici Županji, dok se najmanji primjeti na Kostajnici i Dubici. Ovi se podaci mogu vidjeti u tablici 8.1.

	Zagreb	Jasenovac	Mačkovac	Slavonski Brod	Županja	Kostajnica	Dubica
Maximum Q(m ³ /s)	2732	2321	2405	2797	3440	1397	1373
Datum	20.09.2010.	11.01.2010.	12.01.2010.	12.01.2010.	12.01.2010.	04.12.2010.	04.12.2010.
Minimum (m ³ /s)	63,8	134	144	181	227	35	34,9
Datum	17.09.2011.	19.09.2011.	19.09.2011.	20.09.2011.	20.09.2011.	04.09.2011.	04.09.2011.

Slika 8.1.: Vrijednosti maksimalnih i minimalnih protoka na stanicama na 2009.-2011.god.

Na temelju podataka protoka napravljen je su krivulje trajanja za svaku godinu i za svaku mjernu stanicu. Iz krivulja trajanja su očitane karakteristične vrijednosti Q_{95} , Q_{90} , Q_{50} i Q_{10} . Krivulje trajanja su napravljene i u modulnim koeficijentim kao i u polu-logaritamskom mjerilu. One daju jednostavan grafički uvid vezan za protoke, točnije jednostavno se vidi kako je 2010. godina bila godina sa najvećom količinom oborina, a time i protoka, dok je 2011. godina bila najsušnija od analiziranih. Ove usporedbe bi bile puno bolje da se promatrao duži niz godina. Krivulje trajanja protoka zorno pokazuju prosječnu raspodjelu raspoloživih dotoka te predstavljaju važnu podlogu pri razmatranju raspoloživih količina vode u nekom hidrološkom profilu i mogu poslužiti za zaključke o određenim značajkama vodnoga režima vodotoka. Na

toj osnovi mogu se izvesti zaključci o iskoristivosti raspoloživih vodnih količina u određenom profilu.

Slika 4.13. prikazuje sve hidrograme za sve godine i sve stanice koje se analiziraju. Vidljivo je kako su najmanji protoci u razdoblju od lipnja do listopada. Upravo su zato za analizu recesije izdvojene recesije trajanja minimalno 10 dana za svaku godinu u periodu od lipnja do listopada. Izdvojeni su bezoborinski periodi od najmanje 10 dana iz razloga što su na promatranim stanicama česte oborine. S dužim recesijskim periodima dobiju se točniji rezultati krivulja pražnjenja. S tako izdvojenim recesijama napravljene su krivulje pražnjenja metodama: „matching strip“ i „tabulation“. Metodama su se osim krivulja, dobili njihovi nagibi odnosno koeficijenti recesije (Tablica 6.2.). Primjeti se kako se sa ove dvije metode dobiju približno slični rezultati koeficijenata. Koeficijenti su reda veličine 10^{-2} (sec^{-1}).

Kako periodi recesije na Kostajnici i Dubici za 2009. i 2011. godinu imaju dosta duže „repove“, krivulje pražnjenja su u tim slučajevima još jednom posebno određene u programu „Microsoft Excel“ i definirani su koeficijenti recesije (Tablica 6.3.). U tim slučajevima određena su 3 koeficijenta recesije, gdje su treći koeficijenti reda veličine 10^{-3} (sec^{-1}).

Obzirom da se radi o umjerenoj klimi ne postoje idealni recesijski uvjeti, odnosno dovoljno dugi bezoborinski periodi za idealnu analizu, a to se najbolje vidi prilikom odstupanja krivulja recesije od eksponencijalnog pravca u polu-logaritamskom mjerilu. Također, prikazane krivulje jasno pokazuju kako je većinom u pitanju složeni sistem pražnjenja podzemlja. Početni dijelovi krivulja imaju veće recesijske koeficijente, što ukazuje na veći intenzitet pražnjenja od koeficijenta u kasnijim dijelovima istih krivulja koji ukazuju na sporije pražnjenje.

Također je izvršena linearna korelacija protoka između mjerne stanice Kostajnica i svih ostalih stanica za 2009.-2011. god. Može se uočiti kako je korelacija između Kostajnice i Dubice jako velika, gotovo jednaka 1, ($r=0,9933$ za 2009., $r=0,9858$ za 2010. i $r=0,9924$ za 2011.god). Također primjeti se kako su ostale korelacije čak grafički vrlo slične. Zbog grafičke sličnosti korelacije između Kostajnice i Županje te Kostajnice i Slavonskog Broda, napravljena je linerna korelacija između Županje i Slavonskog Borda i doista se dobila vrlo velika korelacija ($r=0,8249$ za 2009., $r=0,988$ za 2010. i $r=0,9852$ za 2011. god.)

9. LITERATURA

1. The use of flow duration curves as a data quality tool, R. A. J. Cole, H. T. Johnston, D. J. Robinson, Hydrological Sciences Journal, ožujak 2015.
2. Krivulje trajanja protoka, Ranko Žugaj, Željko Andreić, Krešimir Pavlić, Lidija Fuštar, Građevinar, 02.06.2011. god.
3. Nacrt plana upravljanja slivom rijeke Save, grupa autora, Zagreb, ožujak 2013.
4. Analiza rijeke Save (ISRBC), Zagreb, prosinac 2010.
5. Hidrologija za agroekologe, prof. dr. sc. Ranko Žugaj, dipl. ing. građ., Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet Zagreb, 2009.
6. Hidrologija krških izvora Jadra i Žrnovnice, Robert Šakić Trogrlić, Diplomski rad, Split, 2012.
7. Analiza recesijskog dijela hidrograma otjecanja izvora Opačac (Visual Basic Spreadsheet Macro), Igor Tomić, Diplomski rad, Split, 2015.

10. PRILOZI

10.1. Prilog 1

Srednji dnevni protoci – Zagreb – 2009. godina

Istjecanje												
Datum	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	301	392	224	1157	519	205	257	137	101	119	109	333
2	299	356	230	901	445	198	237	121	87,4	103	107	507
3	296	341	228	1026	409	174	220	125	89,2	101	155	375
4	278	399	239	1011	384	171	200	223	84,9	101	236	301
5	260	496	344	864	356	148	197	278	290	95	268	267
6	266	674	782	739	315	187	189	212	350	89,6	328	241
7	250	988	693	637	298	294	198	169	250	81,8	449	222
8	254	1461	517	559	277	352	414	155	172	79,6	420	212
9	246	1360	428	511	274	294	829	140	149	87	406	582
10	218	987	377	474	283	241	677	131	117	79,8	403	601
11	191	848	332	454	263	214	591	128	113	90,3	363	466
12	183	741	299	419	265	194	416	126	119	107	293	394
13	173	626	275	397	270	184	340	119	116	135	247	336
14	170	538	270	376	261	173	285	128	106	152	185	303
15	172	483	264	353	258	160	251	131	156	140	180	262
16	169	441	252	325	251	155	231	118	235	118	188	234
17	161	397	211	299	236	161	214	113	231	106	189	212
18	158	375	212	325	225	190	193	107	304	99,5	190	198
19	163	349	209	332	223	166	290	99	200	89,3	181	181
20	212	336	201	322	242	166	267	101	195	83,9	164	181
21	689	329	197	298	232	457	217	92,9	171	88,5	153	166
22	1277	317	186	340	227	337	193	95,1	152	85,1	143	166
23	1012	305	182	327	215	248	174	116	138	143	135	630
24	729	291	169	460	213	307	166	117	127	264	136	1640
25	571	268	162	499	212	411	153	102	124	286	127	1688
26	479	252	159	408	210	326	174	92,8	114	223	129	2117
27	443	241	159	366	214	290	166	90,1	109	183	120	1710
28	594	232	159	330	266	283	151	101	104	168	189	1032
29	580		159	418	268	258	150	97,1	106	148	243	772
30	497		1168	584	209	301	141	141	107	126	227	636
31	426		1818		194		139	133		115		571
Datum	19	28	26	17	31	16	31	29	3	7	1	21
Min	149	218	155	260	175	142	135	86,2	81,1	78,6	103	155
Average	378	529	358	517	275	241	268	130	157	125	222	566
Max	1420	1539	2015	1386	584	576	1012	329	525	323	502	2219
Datum	22	8	31	1	1	21	9	4	5	25	7	26
2009		07.10.	Min			Aver			Max			
			78,6			314			2219	26.12.		

Srednji dnevni protoci – Zagreb – rijeka Sava – 2010. godina

Istjecanje												
Datum	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	594	170	851	520	190	370	160	185	189	544	338	452
2	632	152	778	540	197	322	152	155	154	481	432	441
3	607	148	690	481	198	301	140	131	137	427	394	457
4	551	144	607	416	271	291	136	146	132	395	358	460
5	476	143	567	452	371	272	145	131	127	362	302	433
6	428	206	495	567	447	227	141	182	128	478	270	421
7	399	289	432	466	543	202	147	261	129	518	248	741
8	375	262	401	396	436	196	150	247	139	436	376	1650
9	402	239	357	354	345	185	138	177	416	387	907	2130
10	417	214	337	326	300	170	123	163	557	356	888	2021
11	402	215	332	304	278	164	122	145	415	340	769	1462
12	377	209	302	300	271	158	117	120	298	328	649	1045
13	360	185	299	291	319	149	107	116	248	304	557	828
14	343	181	290	284	331	141	104	175	214	289	476	692
15	322	181	303	274	359	142	107	216	195	289	436	578
16	310	173	297	251	482	173	109	304	168	260	388	506
17	302	175	294	242	511	261	103	226	256	259	433	451
18	296	188	303	222	393	293	103	194	1833	319	575	422
19	282	254	325	231	336	256	100	166	2582	340	577	395
20	280	1017	346	217	283	260	99,2	145	2732	321	760	371
21	262	1455	360	213	291	617	90,2	125	1887	289	592	364
22	264	983	370	219	286	581	97,1	119	1255	271	1000	361
23	249	785	383	217	256	440	96,2	120	931	240	1256	499
24	243	769	390	202	234	323	97,3	111	768	229	825	956
25	200	734	372	200	215	279	107	113	692	236	620	1758
26	199	715	361	201	204	234	105	120	1354	681	529	1326
27	183	1276	364	197	196	232	97	114	1143	678	489	932
28	169	1067	400	211	189	192	96,7	116	861	545	451	739
29	168		348	213	181	185	96,2	268	715	444	437	612
30	165		313	201	171	167	160	257	625	402	459	539
31	169		306		210		249	212		350		474
Datum	30	4	13	24	30	15	21	24	5	25	7	20
Min	153	139	260	180	153	133	90,2	109	121	202	220	288
Average	336	447	406	307	300	259	123	170	709	381	560	791
Max	676	1714	938	641	611	682	286	342	2851	793	1578	2206
Datum	2	21	1	6	17	21	31	16	20	26	22	9
2010			Min			Aver			Max			
		21.7.	90,2			399			2732	20.9.		

Srednji dnevni protoci – Zagreb – rijeka Sava – 2011. godina

Istjecanje												
Datum	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	424	172	122	185	154	156	135	155	74,2	73,7	259	84,2
2	387	156	118	178	146	143	129	131	74,6	72,3	230	80,6
3	368	160	115	175	140	155	131	134	87,8	72,1	205	76,6
4	345	146	116	165	158	173	126	123	80,9	75,2	188	82,5
5	318	146	116	206	166	231	117	110	84,2	75,8	177	139
6	312	145	117	218	146	238	126	114	75,7	70,1	157	141
7	300	146	109	191	129	252	123	112	75,6	74,9	166	156
8	311	146	110	172	119	455	114	107	74,9	240	157	142
9	337	147	104	175	115	605	110	195	73,7	180	140	130
10	360	145	104	179	115	494	105	270	71,7	137	147	118
11	382	144	104	168	111	404	93,9	193	71,6	108	137	110
12	519	144	103	161	110	322	102	159	71,5	112	139	98,1
13	459	138	102	164	107	278	111	141	71,4	104	133	97,7
14	405	139	116	176	111	250	104	124	70	99,6	122	118
15	366	138	299	153	113	236	98,4	119	68,9	81,9	120	147
16	344	133	290	155	193	210	93,3	109	65,7	88	108	393
17	316	143	975	141	221	191	91,6	103	64,9	85,4	107	817
18	306	169	1116	128	175	171	91,2	100	64,5	82,2	110	836
19	296	159	679	123	160	195	109	98,5	68,1	81,6	103	502
20	313	162	523	120	132	418	110	94,1	245	106	99,8	400
21	300	167	423	123	130	316	103	90,3	199	498	99,4	322
22	263	160	350	123	129	238	101	86,6	141	347	97,9	268
23	245	157	310	123	125	198	110	84,8	115	255	96,8	239
24	226	142	265	119	124	200	213	83,8	94,9	208	89,9	207
25	217	144	250	122	119	228	457	82,3	87,4	183	88,8	193
26	211	136	221	137	119	210	293	78,9	84,9	217	89,3	169
27	195	134	216	158	115	172	205	77,7	83,2	1055	86,7	167
28	197	125	202	136	132	156	197	77	85,5	797	83,2	158
29	189		218	135	242	149	252	73,9	76,9	522	85,2	155
30	180		207	148	205	141	194	78,4	75,1	390	85,9	151
31	172		206		168		161	72,5		303		152
Datum	31	28	13	21	12	1	17	31	17	2	28	2
Min	160	118	100	114	104	138	90,2	69,2	63,8	69,2	78,6	75
Average	308	148	268	155	143	253	145	115	89	219	130	221
Max	563	183	1528	228	308	679	545	368	327	1366	284	1303
Datum	12	1	17	6	29	9	25	9	20	27	1	17
2011			Min			Aver			Max			
		17.9.	63,8			183			1528	17.3.		

Srednji dnevni protoci – Jasenovac – rijeka Sava – 2009. godina

Istjecanje												
Datum	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	1134	1662	742	1433	876	368	550	223	185	170	269	393
2	1030	1562	727	1669	945	355	545	218	193	174	244	462
3	946	1456	733	1811	955	354	551	213	183	175	231	702
4	877	1414	745	1935	925	384	544	207	172	172	245	787
5	816	1604	772	1992	867	383	501	217	165	169	309	744
6	763	1794	887	2039	803	360	454	266	175	167	461	667
7	717	1857	1215	2011	736	342	417	288	270	165	653	594
8	679	1887	1454	1941	672	363	399	272	303	162	796	538
9	643	1933	1506	1846	618	409	436	251	279	158	881	554
10	608	1979	1479	1738	578	426	630	235	244	156	879	904
11	571	1990	1425	1630	553	406	744	225	219	158	864	1245
12	536	2017	1338	1520	526	377	782	216	200	161	865	1317
13	502	2025	1231	1400	505	349	715	209	189	171	810	1312
14	476	1979	1119	1280	491	324	623	204	187	192	725	1202
15	459	1917	1014	1165	480	306	534	199	184	221	622	1055
16	454	1834	919	1052	469	291	465	198	183	239	531	923
17	456	1734	848	953	453	278	418	197	207	234	467	804
18	447	1624	787	871	440	268	379	191	236	218	427	704
19	435	1506	735	820	424	270	346	186	268	202	409	626
20	463	1381	694	789	410	273	344	180	281	190	392	564
21	657	1257	661	759	407	276	359	177	266	179	366	516
22	1188	1147	629	731	400	345	348	174	252	172	340	481
23	1713	1051	593	728	393	448	323	170	236	169	315	543
24	1899	976	562	745	380	544	298	171	220	183	296	1068
25	1922	920	558	803	367	559	281	177	206	332	280	1748
26	1880	871	564	917	358	582	267	179	195	464	269	2021
27	1799	823	560	956	350	572	256	175	187	513	262	2143
28	1745	779	555	915	349	540	255	170	180	477	261	2203
29	1776		551	845	367	519	248	167	175	411	280	2204
30	1775		575	811	393	530	239	168	172	355	327	2145
31	1735		900		388		230	172		306		2064
Datum	19	28	29	22	27	18	31	29	6	10	3	1
Min	432	758	547	721	348	265	226	166	161	155	230	367
Average	1003	1535	873	1270	545	393	435	203	214	233	469	1072
Max	1933	2039	1517	2047	961	588	792	290	307	518	889	2221
Datum	25	13	9	6	3	26	12	7	8	27	9	28
2009		Min.				Aver.			Max.			
		10.10.	155			687				2221	28.12.	

Srednji dnevni protoci – Jasenovac – rijeka Sava – 2010. godina

Istjecanje												
Datum	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	2075	663	2069	1197	586	1114	927	301	310	1865	994	1886
2	2207	647	2060	1222	560	1570	805	352	308	1797	899	1980
3	2272	624	2083	1252	534	1732	701	359	293	1702	851	2082
4	2286	603	2102	1228	513	1749	620	340	269	1586	823	2210
5	2222	585	2114	1173	508	1699	556	327	248	1464	780	2249
6	2170	628	2096	1348	554	1600	510	307	232	1353	725	2193
7	2130	857	2048	1625	618	1461	476	331	223	1297	665	2116
8	2121	1060	1990	1695	678	1300	449	383	217	1283	611	2097
9	2140	1107	1929	1672	687	1131	428	420	220	1226	612	2122
10	2229	1055	1861	1594	648	984	409	406	319	1134	849	2160
11	2306	966	1781	1475	595	861	384	375	568	1035	1223	2189
12	2308	882	1688	1347	550	765	361	347	737	948	1458	2209
13	2233	812	1586	1261	517	692	340	318	779	874	1493	2225
14	2149	749	1498	1244	524	637	319	297	721	808	1425	2233
15	2069	691	1455	1282	560	589	298	296	632	751	1305	2214
16	1985	647	1442	1291	753	550	281	319	553	712	1174	2180
17	1896	617	1421	1233	1274	535	270	354	480	682	1057	2133
18	1792	599	1396	1149	1642	539	264	369	443	657	1000	2080
19	1677	664	1386	1063	1690	561	258	350	774	691	1026	2020
20	1547	995	1402	1016	1603	611	252	323	1431	850	1098	1929
21	1417	1686	1433	974	1463	679	247	295	1750	1022	1239	1832
22	1289	2122	1459	918	1364	1185	242	269	1783	1086	1304	1757
23	1173	2200	1496	857	1328	1744	235	247	1783	1043	1479	1725
24	1074	2144	1544	808	1297	1910	230	230	1750	952	1777	1768
25	990	2132	1558	762	1210	1846	230	219	1683	849	1927	1851
26	910	2114	1531	721	1087	1677	233	210	1676	781	1881	1924
27	844	2081	1473	685	960	1512	239	205	1903	986	1793	1957
28	788	2077	1430	648	849	1368	238	206	1975	1237	1708	1958
29	733		1398	623	759	1218	232	211	1943	1294	1661	1940
30	694		1332	607	697	1067	229	234	1910	1232	1771	1899
31	672		1246		696		243	289		1113		1837
Datum	31	6	31	30	15	20	31	28	1	19	10	1
Min	1178	982	1918	1108	805	943	424	317	326	887	834	2331
Average	2594	1660	2418	1746	1395	2131	850	441	947	1397	1565	2707
Max	3440	2867	2878	2064	2437	3211	2391	547	2006	2009	2377	3219
Datum	12	26	6	10	20	25	1	11	30	1	26	5
2010			Min			Aver			Max			
		27.8.	203			1136			2321	11.1.		

Srednji dnevni protoci – Jasenovac – rijeka Sava – 2010. godina

Istjecanje												
Datum	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	1753	518	382	597	318	364	255	345	148	145	573	156
2	1647	495	371	570	322	345	246	310	146	142	472	156
3	1532	474	360	537	332	334	244	284	146	145	397	155
4	1412	453	352	505	337	361	240	255	147	160	345	153
5	1304	438	346	474	338	406	235	236	149	167	306	152
6	1207	427	338	476	339	456	229	221	148	167	279	162
7	1117	419	335	516	330	484	222	210	148	164	258	213
8	1054	418	332	530	312	508	220	212	146	161	248	324
9	1026	431	323	513	293	582	215	203	145	175	241	374
10	1074	448	319	487	281	765	207	202	144	217	234	366
11	1119	456	314	464	268	857	201	257	143	216	227	344
12	1121	458	312	441	271	835	195	298	141	200	221	318
13	1152	458	318	429	269	766	188	293	140	187	214	316
14	1149	451	330	452	263	672	187	276	140	180	208	349
15	1104	447	345	498	256	573	185	248	138	173	203	404
16	1036	443	424	532	260	503	182	228	137	166	197	463
17	969	453	565	530	301	449	178	213	137	158	191	590
18	906	479	848	507	420	414	175	207	137	155	185	868
19	849	516	1269	471	483	376	171	194	135	151	182	1193
20	806	535	1398	436	463	362	173	183	136	146	180	1252
21	809	540	1332	410	420	409	177	179	159	152	176	1146
22	812	536	1199	389	382	467	178	179	213	236	173	975
23	780	516	1034	371	354	446	178	180	234	352	171	811
24	732	497	891	354	334	395	178	179	221	375	170	669
25	693	474	778	338	319	357	198	174	197	358	168	566
26	665	451	694	325	304	338	313	169	178	327	166	498
27	644	431	630	318	290	328	394	162	167	313	163	437
28	621	407	575	320	276	312	387	156	159	512	162	397
29	592		545	322	268	286	354	153	153	755	159	379
30	567		557	317	301	268	351	151	148	786	157	366
31	542		589		357		358	148		694		356
Datum	31	7	11	30	16	30	22	31	20	5	30	4
Min	881	722	617	518	442	418	266	241	227	233	245	239
Average	1499	806	963	744	600	665	331	321	243	296	346	556
Max	2477	878	1761	967	858	1071	491	498	289	750	759	1267
Datum	1	1	22	1	21	13	31	1	26	31	1	22
2011		19.9.	134			407			Max			
										1799	1.1.	

Srednji dnevni protoci – Mačkovac – rijeka Sava – 2009. godina

Istjecanje												
Datum	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	1286	1672	864	1264	913	412	613	265	199	181	306	376
2	1174	1613	842	1533	974	386	617	257	212	181	270	448
3	1085	1555	860	1642	999	398	629	248	213	183	253	641
4	1011	1486	850	1747	983	429	634	239	202	181	253	788
5	945	1562	873	1824	957	447	598	238	192	179	294	788
6	900	1679	960	1873	899	430	545	265	187	176	423	745
7	840	1734	1178	1890	822	401	502	309	238	175	641	670
8	799	1758	1420	1874	750	388	471	322	321	172	776	605
9	745	1783	1539	1827	688	422	474	303	324	169	878	585
10	695	1817	1562	1756	645	449	614	283	282	166	915	822
11	656	1844	1555	1683	610	440	759	269	249	165	901	1167
12	623	1874	1491	1612	584	418	836	259	225	168	894	1306
13	582	1893	1401	1510	563	388	803	251	210	175	871	1347
14	558	1889	1295	1418	550	359	723	244	202	187	801	1277
15	536	1872	1172	1306	534	337	635	235	199	215	701	1164
16	528	1837	1064	1191	517	319	564	237	195	238	605	1046
17	512	1778	988	1094	503	305	509	238	200	246	526	933
18	508	1700	919	1001	486	291	464	229	227	236	488	813
19	499	1616	860	945	469	284	417	220	253	221	471	721
20	511	1503	815	889	464	289	387	212	281	207	436	641
21	638	1398	780	853	456	295	401	207	278	194	404	583
22	1033	1292	738	830	445	326	403	203	270	186	370	550
23	1485	1193	693	824	427	434	381	200	260	182	342	574
24	1697	1118	656	839	418	558	354	201	246	185	319	991
25	1773	1055	652	859	404	605	334	205	229	262	300	1550
26	1783	1001	649	938	383	634	311	209	213	425	289	1797
27	1758	959	638	1004	371	642	296	206	202	524	279	1895
28	1719	909	632	1003	365	620	288	199	194	521	276	1970
29	1725		625	947	378	588	284	195	188	463	277	2016
30	1717		643	893	412	590	274	193	183	400	305	2015
31	1715		829		436		269	192		353		1991
Datum	19	28	29	22	28	19	31	30	30	10	4	1
Min	497	886	622	821	363	283	266	191	182	165	250	341
Average	1033	1550	969	1296	594	430	496	237	229	242	496	1059
Max	1789	1899	1574	1896	1005	646	853	325	338	540	924	2022
Datum	26	13	10	7	3	27	12	8	8	27	10	29
2009		Min.				Aver.			Max.			
		10.10.	165			719				2022	29.12.	

Srednji dnevni protoci – Mačkovac – rijeka Sava – 2010. godina

Istjecanje												
Datum	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	1996	769	2055	1320	692	1201	1175	321	300	1750	1092	1769
2	2068	740	2066	1286	659	1670	1035	381	316	1722	994	1858
3	2142	722	2097	1298	621	1846	915	408	321	1675	928	1949
4	2175	705	2130	1299	602	1878	807	400	316	1607	892	2038
5	2194	676	2151	1249	590	1836	719	387	293	1522	854	2084
6	2201	707	2154	1317	605	1746	660	377	269	1432	805	2092
7	2202	905	2144	1527	658	1632	602	402	260	1366	746	2091
8	2206	1101	2120	1605	711	1488	563	429	248	1339	690	2082
9	2216	1179	2080	1628	742	1332	535	459	248	1298	663	2074
10	2289	1138	2026	1602	732	1184	507	467	291	1226	790	2076
11	2368	1068	1957	1545	687	1043	477	442	519	1140	1118	2078
12	2394	996	1872	1458	627	930	447	408	726	1066	1378	2087
13	2399	936	1766	1382	581	844	425	375	823	987	1456	2103
14	2372	871	1670	1361	571	771	408	347	806	913	1425	2116
15	2319	801	1622	1381	601	708	390	336	738	850	1342	2139
16	2247	745	1578	1393	725	662	365	346	658	807	1239	2152
17	2158	706	1540	1348	1119	634	345	375	577	770	1138	2145
18	2048	687	1514	1276	1507	625	335	408	512	739	1067	2129
19	1925	756	1497	1200	1656	634	320	404	662	750	1058	2091
20	1779	1038	1494	1178	1646	696	309	380	1199	867	1103	2030
21	1640	1608	1500	1143	1562	770	302	357	1539	1027	1183	1959
22	1503	1931	1517	1084	1478	1182	297	330	1623	1114	1251	1881
23	1370	2016	1544	1007	1431	1802	289	300	1647	1106	1361	1815
24	1267	2042	1571	948	1397	2026	283	274	1645	1049	1579	1793
25	1175	2042	1590	900	1332	2036	278	248	1612	955	1736	1828
26	1090	2038	1559	859	1229	1924	277	222	1590	872	1759	1875
27	1016	2036	1532	811	1111	1769	282	217	1692	969	1733	1907
28	944	2046	1492	748	1000	1629	283	226	1771	1198	1682	1909
29	882		1467	722	895	1483	280	226	1781	1296	1641	1901
30	840		1427	710	820	1324	275	222	1768	1278	1677	1879
31	803		1363		806		282	251		1196		1841
Datum	31	5	31	30	14	18	30	27	8	18	9	1
Min	786	668	1346	697	564	624	273	215	246	729	653	1713
Average	1814	1179	1745	1219	948	1310	467	346	892	1158	1213	1993
Max	2402	2050	2158	1642	1674	2054	1239	471	1786	1761	1764	2158
Datum	12	28	5	9	19	25	1	9	29	1	26	16
2010			Min			Aver			Max			
		27.8.	215			1190				2402	12.1.	

Srednji dnevni protoci – Mačkovac – rijeka Sava – 2011. godina

Istjecanje												
Datum	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	1781	584	428	669	342	387	278	374	159	162	645	166
2	1702	566	410	655	343	372	267	350	159	159	539	165
3	1618	547	398	624	353	366	262	317	157	157	455	165
4	1521	522	392	593	370	385	258	289	156	164	397	163
5	1424	500	402	557	375	442	255	265	158	174	342	162
6	1340	481	384	533	371	483	249	247	158	178	306	166
7	1255	464	373	542	365	505	239	233	156	178	281	190
8	1171	471	370	564	352	526	232	224	156	175	263	272
9	1110	483	362	562	346	571	227	218	154	176	253	361
10	1117	493	354	544	318	721	224	215	152	205	245	379
11	1169	503	351	520	303	855	218	238	152	225	238	366
12	1184	506	350	496	291	899	211	290	151	219	231	340
13	1191	514	358	478	283	849	205	308	149	205	225	328
14	1197	511	368	493	275	762	200	292	150	196	219	337
15	1179	502	383	532	272	660	200	266	149	188	213	391
16	1125	502	424	575	274	573	197	243	148	179	208	465
17	1055	508	548	591	300	513	193	226	148	168	202	552
18	989	525	763	581	413	465	189	213	147	161	197	758
19	932	563	1118	553	513	431	185	205	146	156	193	1053
20	894	587	1338	509	530	400	184	198	146	152	192	1194
21	893	588	1359	475	490	406	184	195	153	152	189	1167
22	899	587	1277	437	441	473	188	191	192	186	184	1052
23	888	577	1141	412	403	486	189	190	233	314	181	905
24	840	552	1015	393	375	446	190	189	241	381	179	764
25	795	530	905	377	358	396	199	187	226	383	178	649
26	752	521	813	361	352	362	256	183	205	354	176	564
27	727	493	739	352	323	351	368	177	188	328	173	495
28	706	460	674	350	307	338	408	171	177	410	172	444
29	668		645	353	295	318	385	165	170	673	170	414
30	632		636	346	302	296	369	162	166	787	168	398
31	601		657		358		377	160		747		386
Datum	31	28	11	30	15	30	20	31	19	20	30	5
Min	588	445	347	343	271	287	182	160	144	150	166	161
Average	1076	523	637	501	355	501	245	232	167	267	254	491
Max	1808	590	1375	673	535	909	412	383	243	793	697	1210
Datum	1	20	20	1	20	12	28	1	24	30	1	20
2011			Min			Aver			Max			
		19.9.	144			437				1808	1.1.	

Srednji dnevni protoci – Slavonski Brod – rijeka Sava – 2009. godina

Istjecanje												
Datum	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	1553	2004	1067	1274	1041	531	742	315	214	224	423	373
2	1413	1933	1039	1657	1094	478	755	314	219	221	358	459
3	1300	1881	1075	1835	1131	503	775	292	236	220	331	626
4	1210	1808	1061	1983	1139	563	791	274	235	220	318	823
5	1135	1816	1074	2111	1133	583	770	265	227	216	332	889
6	1089	1927	1148	2171	1090	586	716	264	216	213	450	885
7	1018	1992	1333	2197	1006	558	660	297	213	212	670	831
8	973	2018	1656	2187	912	510	615	333	254	209	834	752
9	908	2038	1930	2150	834	500	597	341	314	206	942	698
10	845	2075	1996	2088	781	518	666	326	324	205	1031	873
11	795	2101	2041	2010	738	517	813	308	303	209	1039	1277
12	768	2137	1970	1931	700	509	933	293	276	206	1017	1487
13	723	2161	1869	1825	685	491	959	287	256	208	1012	1605
14	699	2152	1726	1721	674	458	893	285	245	222	966	1562
15	674	2133	1562	1601	654	430	810	269	239	251	863	1451
16	667	2112	1400	1461	630	403	727	273	234	270	759	1328
17	633	2067	1289	1342	613	389	651	289	237	288	660	1208
18	620	2003	1186	1229	595	371	581	272	250	296	615	1057
19	620	1927	1102	1150	566	351	519	250	270	284	615	936
20	628	1812	1035	1071	575	351	453	237	304	269	564	831
21	706	1689	990	1012	573	360	439	229	323	252	513	753
22	1005	1570	938	988	554	385	453	223	322	242	465	713
23	1509	1453	877	983	517	446	444	222	327	236	428	707
24	1896	1361	833	1002	503	598	420	239	328	239	398	1088
25	2065	1283	819	1002	500	690	404	251	308	251	368	1764
26	2119	1216	820	1036	460	737	375	257	281	355	356	2108
27	2115	1169	803	1121	433	761	354	259	257	531	339	2231
28	2077	1120	788	1167	420	763	335	236	242	599	340	2355
29	2076		785	1131	426	726	324	223	233	567	328	2412
30	2059		792	1074	469	720	311	217	226	507	327	2388
31	2056		921		528		306	215		462		2356
Datum	18	28	30	22	28	19	30	31	6	10	4	1
Min	614	1090	774	979	413	342	304	214	211	203	314	344
Average	1224	1820	1223	1517	709	526	600	270	264	287	589	1252
Max	2129	2165	2051	2201	1149	774	979	344	334	604	1057	2416
Datum	26	13	11	7	3	27	12	9	24	28	10	29
2009		Min.				Aver.			Max.			
		10.10.	203			857			2416	29.12.		

Srednji dnevni protoci – Slavonski Brod – rijeka Sava – 2010. godina

Istjecanje												
Datum	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	2362	929	2392	1594	857	1534	1654	347	318	1923	1290	2077
2	2462	879	2394	1518	825	2280	1475	386	353	1897	1182	2260
3	2584	858	2447	1497	772	2520	1296	420	359	1854	1090	2421
4	2601	855	2489	1503	747	2527	1125	440	359	1791	1026	2535
5	2568	824	2503	1470	737	2442	979	438	343	1713	983	2590
6	2552	842	2514	1461	720	2320	890	430	317	1627	935	2576
7	2562	1044	2497	1669	758	2169	801	443	297	1544	877	2544
8	2594	1249	2468	1802	796	1982	749	460	286	1497	818	2507
9	2613	1366	2435	1851	846	1778	698	478	276	1457	776	2465
10	2678	1355	2389	1857	866	1574	657	502	281	1391	816	2442
11	2773	1290	2336	1814	845	1375	619	500	383	1306	1109	2419
12	2792	1220	2266	1744	774	1213	582	463	667	1226	1479	2400
13	2765	1161	2171	1674	707	1081	558	423	842	1144	1634	2391
14	2726	1093	2073	1646	679	980	533	393	888	1054	1643	2386
15	2678	1008	2024	1652	695	885	483	374	872	979	1576	2383
16	2620	932	1963	1662	769	822	452	365	796	929	1470	2387
17	2554	880	1894	1625	1068	787	421	376	701	884	1363	2381
18	2469	852	1848	1547	1615	766	409	412	621	850	1268	2374
19	2364	958	1815	1462	1971	754	386	431	651	844	1217	2356
20	2228	1273	1791	1457	2041	804	362	422	1062	946	1238	2313
21	2071	1930	1778	1449	1961	883	352	416	1530	1129	1289	2265
22	1903	2378	1789	1386	1857	1303	346	401	1704	1248	1362	2216
23	1725	2441	1811	1293	1790	2316	342	367	1762	1268	1472	2162
24	1579	2446	1841	1205	1764	2686	343	320	1780	1231	1749	2133
25	1455	2440	1866	1136	1683	2668	338	293	1759	1140	2010	2169
26	1350	2431	1838	1087	1564	2543	349	278	1728	1037	2074	2251
27	1257	2415	1814	1023	1416	2389	349	265	1792	1055	2057	2291
28	1166	2404	1781	932	1282	2237	343	265	1898	1279	2017	2280
29	1084		1742	884	1150	2055	339	272	1932	1422	1960	2254
30	1031		1708	876	1044	1850	332	267	1935	1450	1976	2221
31	984		1639		1048		337	277		1392		2181
Datum	31	5	31	30	14	19	30	27	9	19	9	1
Min	963	806	1618	868	676	751	329	262	272	833	767	2019
Average	2166	1420	2075	1459	1150	1718	610	385	950	1307	1392	2343
Max	2797	2449	2520	1869	2051	2713	1745	514	1937	1931	2080	2595
Datum	12	24	6	10	20	24	1	10	29	1	26	5
2010			Min			Aver			Max			
		27.8.	262			1414				2797	12.1.	

Srednji dnevni protoci – Slavonski Brod – rijeka Sava – 2011. godina

Istjecanje												
Datum	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	2125	725	563	814	437	463	353	448	201	200	768	199
2	2043	716	536	806	444	454	335	435	205	202	666	196
3	1950	696	518	784	458	476	327	407	205	196	573	196
4	1847	672	514	758	482	493	318	373	198	191	523	194
5	1737	642	545	715	498	556	313	346	195	193	445	194
6	1637	612	531	681	488	594	308	320	193	200	386	197
7	1534	591	509	649	474	593	302	301	192	206	353	208
8	1430	614	503	653	456	598	296	278	191	209	321	238
9	1329	637	493	670	485	625	285	265	190	208	297	321
10	1290	632	475	668	442	733	286	261	189	210	284	402
11	1331	631	469	653	419	908	279	259	188	230	277	418
12	1364	627	471	625	388	1018	271	288	187	249	269	402
13	1376	641	495	604	356	1015	264	341	187	248	262	383
14	1379	652	501	614	341	935	259	350	187	237	254	371
15	1385	648	517	647	348	827	253	327	186	228	248	392
16	1334	651	528	685	359	714	252	303	188	222	242	485
17	1262	653	591	718	389	636	250	281	189	214	237	558
18	1184	659	787	728	496	586	246	265	188	206	232	706
19	1117	687	1097	720	611	549	236	255	184	201	232	986
20	1071	720	1446	669	666	512	227	245	181	197	240	1233
21	1067	718	1584	628	649	466	223	239	192	195	245	1298
22	1076	714	1554	566	597	510	221	226	207	197	228	1233
23	1083	719	1430	521	546	558	228	226	226	228	219	1102
24	1047	697	1294	496	507	551	227	225	260	355	213	953
25	991	668	1166	482	485	500	236	226	267	440	210	820
26	934	674	1047	464	489	447	248	226	253	422	210	711
27	894	656	953	457	446	421	323	222	235	392	207	626
28	873	603	872	451	411	409	440	213	219	381	203	567
29	833		829	449	401	398	461	205	209	552	203	523
30	783		810	444	384	379	439	201	206	788	202	492
31	743		805		414		433	203		835		481
Datum	31	7	11	30	14	30	21	30	20	4	30	4
Min	725	582	465	438	336	372	221	199	181	190	201	194
Average	1292	663	788	627	463	598	295	283	203	291	308	551
Max	2152	732	1595	820	679	1048	468	452	274	846	813	1302
Datum	1	1	21	1	20	12	28	1	24	31	1	21
2011			Min			Aver			Max			
		20.9.	181			530				2152	1.1.	

Srednji dnevni protoci – Županja – rijeka Sava – 2009. godina

Istjecanje												
Datum	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	1798	2304	1305	1457	1210	570	862	366	273	264	498	388
2	1656	2233	1295	1752	1214	558	886	368	269	261	454	429
3	1516	2165	1323	2016	1241	695	910	353	270	258	409	644
4	1408	2124	1359	2211	1265	838	933	337	275	257	392	822
5	1324	2083	1393	2378	1258	821	949	324	274	257	421	932
6	1248	2123	1454	2455	1246	844	928	317	269	259	480	970
7	1189	2178	1624	2477	1198	800	860	326	263	257	619	964
8	1130	2207	1979	2466	1110	716	802	356	262	255	929	899
9	1060	2230	2312	2435	1020	636	779	377	288	252	1144	837
10	982	2262	2423	2383	944	601	774	377	321	249	1232	961
11	917	2281	2484	2310	886	588	851	365	330	247	1241	1291
12	873	2315	2458	2224	826	573	1025	349	320	248	1216	1556
13	829	2354	2376	2123	791	559	1144	338	304	250	1189	1713
14	794	2354	2233	2020	763	536	1119	337	291	280	1147	1757
15	772	2330	2057	1914	746	504	1033	330	284	328	1068	1698
16	752	2299	1865	1785	723	482	937	323	279	327	958	1601
17	741	2263	1717	1653	694	463	843	324	275	325	847	1476
18	724	2223	1588	1534	673	438	748	328	276	328	751	1339
19	719	2162	1465	1419	647	420	667	315	284	327	698	1195
20	726	2074	1361	1329	635	405	587	299	301	323	662	1070
21	782	1956	1286	1238	636	403	526	287	321	324	609	954
22	912	1844	1226	1188	634	414	507	279	332	319	556	894
23	1294	1724	1151	1183	609	444	500	273	334	319	516	920
24	1913	1613	1086	1190	570	535	482	272	337	372	481	1324
25	2254	1523	1051	1189	559	661	461	283	336	507	451	1915
26	2402	1452	1063	1182	540	740	442	290	322	484	425	2330
27	2443	1387	1059	1214	508	800	418	295	304	518	406	2509
28	2419	1343	1035	1264	487	847	397	292	288	597	393	2656
29	2412		1029	1279	479	856	381	280	277	620	386	2741
30	2389		1069	1258	505	860	371	270	269	586	382	2756
31	2353		1215		536		363	270		533		2733
Datum	20	28	28	22	29	20	31	30				
Min	716	1320	1023	1178	476	401	361	266	260	246	381	381
Average	1378	2050	1559	1751	811	620	725	319	294	346	699	1428
Max	2452	2363	2491	2480	1270	866 1160		381	338	625	1246 2760	
Datum	27	14	11	7	4	29	13	9				29
2009			Min			Aver			Max			
		11.10.	246			999			2760	29.12.		

Srednji dnevni protoci – Županja – rijeka Sava – 2010. godina

Istjecanje												
Datum	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	2717	1150	2825	1891	1096	1701	2292	421	337	2004	1460	2394
2	2792	1086	2790	1828	1057	2565	2124	430	374	1982	1358	2606
3	2939	1032	2816	1763	1001	2938	1921	454	394	1943	1253	2827
4	3007	1010	2849	1734	941	3027	1699	482	398	1890	1161	3065
5	2995	995	2858	1712	914	3001	1485	513	393	1825	1093	3203
6	2963	995	2875	1671	895	2909	1315	522	378	1753	1039	3200
7	2993	1131	2867	1797	888	2776	1192	523	359	1677	982	3134
8	3097	1316	2840	1971	906	2588	1098	525	346	1616	921	3046
9	3168	1468	2799	2038	945	2351	986	529	337	1560	864	2955
10	3244	1530	2752	2060	975	2105	893	537	333	1502	843	2884
11	3357	1512	2702	2039	982	1867	820	543	345	1432	1040	2826
12	3433	1456	2641	1997	952	1663	763	531	490	1345	1509	2771
13	3388	1398	2564	1962	888	1488	715	501	742	1263	1828	2727
14	3298	1333	2480	1941	834	1350	680	469	874	1173	1930	2690
15	3208	1260	2416	1945	810	1225	640	444	931	1083	1864	2658
16	3117	1180	2358	1954	842	1117	596	428	925	1012	1753	2638
17	3024	1107	2278	1928	1062	1047	558	421	835	960	1623	2618
18	2924	1054	2210	1864	1590	995	525	428	734	918	1502	2601
19	2814	1152	2155	1787	2179	961	507	449	665	892	1409	2585
20	2686	1510	2110	1774	2418	947	491	459	749	964	1369	2552
21	2527	2113	2083	1801	2402	993	474	453	1193	1134	1378	2501
22	2343	2648	2067	1789	2308	1330	456	446	1558	1280	1435	2466
23	2146	2811	2073	1710	2243	2460	444	433	1710	1348	1546	2440
24	1961	2838	2097	1610	2221	3090	438	403	1779	1339	1901	2438
25	1800	2839	2116	1511	2133	3200	438	370	1797	1286	2239	2488
26	1667	2855	2129	1418	2004	3128	491	347	1783	1195	2359	2601
27	1550	2863	2101	1334	1839	3004	503	332	1794	1152	2365	2660
28	1443	2850	2083	1250	1677	2883	482	321	1899	1281	2342	2657
29	1339		2054	1175	1531	2722	458	319	1962	1439	2295	2617
30	1261		2011	1125	1396	2509	436	320	1990	1526	2280	2567
31	1201		1947		1319		426	323		1527		2510
Datum	31	6	31	30	15	20	31	28	1	19	10	1
Min	1178	982	1918	1108	805	943	424	317	326	887	834	2331
Average	2594	1660	2418	1746	1395	2131	850	441	947	1397	1565	2707
Max	3440	2867	2878	2064	2437	3211	2391	547	2006	2009	2377	3219
Datum	12	26	6	10	20	25	1	11	30	1	26	5
2010			Min			Aver			Max			
		28.8.	317			1654			3440	12.1.		

Srednji dnevni protoci – Županja – rijeka Sava – 2011. godina

Istjecanje												
Datum	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	2441	861	727	961	517	549	408	495	242	245	753	245
2	2360	838	682	947	515	561	390	478	242	242	704	243
3	2261	822	658	936	533	612	380	455	243	241	620	241
4	2154	806	645	904	554	650	373	424	242	237	547	240
5	2036	775	641	867	569	654	362	395	239	234	492	239
6	1926	741	657	828	583	683	356	379	237	235	433	241
7	1822	724	661	792	575	693	350	365	236	237	393	243
8	1716	755	661	761	552	695	347	341	235	242	363	256
9	1605	811	648	753	541	698	339	318	234	244	338	283
10	1519	820	628	752	560	732	331	303	234	247	320	344
11	1488	799	619	743	569	854	326	296	233	253	309	394
12	1503	785	640	723	541	987	319	296	231	266	302	408
13	1518	770	682	701	502	1064	313	313	230	276	296	404
14	1523	775	716	708	469	1041	308	341	229	276	291	395
15	1528	776	739	753	448	969	300	351	228	269	285	393
16	1508	774	766	781	444	865	294	340	228	263	280	429
17	1453	780	773	827	491	767	292	322	228	257	276	487
18	1374	784	851	857	676	691	289	307	229	251	272	576
19	1306	798	1103	853	792	628	284	294	229	246	269	766
20	1252	840	1419	826	842	581	278	286	229	242	267	1040
21	1225	865	1674	780	851	534	272	279	228	239	273	1222
22	1224	867	1753	728	806	509	268	275	234	238	273	1261
23	1228	873	1711	666	749	535	268	268	247	241	264	1196
24	1221	868	1599	617	696	561	271	263	265	272	259	1077
25	1174	844	1478	586	660	544	274	261	281	351	255	939
26	1125	815	1350	562	661	508	282	261	287	399	252	810
27	1071	812	1233	540	657	472	299	259	280	399	252	701
28	1036	776	1128	529	601	449	356	255	268	383	250	618
29	1011		1041	522	561	435	419	250	257	396	247	554
30	963		999	520	554	423	437	245	250	549	246	508
31	907		976		544		461	242		712		483
Datum	31	7	11	30	16	30	22	31	20	5	30	4
Min	881	722	617	518	442	418	266	241	227	233	245	239
Average	1499	806	963	744	600	665	331	321	243	296	346	556
Max	2477	878	1761	967	858	1071	491	498	289	750	759	1267
Datum	1	1	22	1	21	13	31	1	26	31	1	22
2011			Min			Aver			Max			
		20.9.	227			614			2477	1.1.		

Srednji dnevni protoci – Kostajnica – rijeka Una – 2009. godina

Istjecanje												
Datum	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	188	353	218	424	195	90,7	219	55,5	42,2	32,7	64,7	86,7
2	184	317	255	461	211	89,3	216	54,5	41,5	32,8	59,4	200
3	175	293	281	748	210	128	225	53,6	41	32,9	63	331
4	166	427	304	757	194	168	215	53,2	40,9	33,3	94,1	271
5	159	765	346	747	182	143	181	54,3	39,2	32,9	146	225
6	153	772	430	718	167	120	155	53,8	38,9	32,8	334	194
7	145	655	483	585	155	108	146	54,3	38,9	32,6	325	168
8	141	573	475	485	148	101	141	53,7	38,6	32,9	301	148
9	135	588	450	415	139	94,2	126	52,5	38	32,7	279	292
10	130	573	458	366	132	89,6	125	51,4	38,2	32,4	250	501
11	125	527	424	330	126	86,4	122	53,1	38,3	35,2	273	406
12	120	604	389	301	123	83,9	112	51,9	38,3	39,5	300	366
13	116	539	347	278	120	81,7	104	50,4	38,4	48,3	242	410
14	114	452	312	261	116	79,5	97,1	49,5	39,2	71,6	194	329
15	116	393	287	243	113	77,7	91,6	48,8	39,1	70,9	159	275
16	128	347	268	224	110	75,9	87,6	48,8	40,1	59,2	136	242
17	133	312	260	212	108	75	84,2	47,7	40,5	50,9	121	219
18	126	292	252	203	104	73,3	81,8	46,2	39,7	46,3	108	201
19	131	269	240	198	101	71,9	81,1	45,3	39,6	42,4	98,9	189
20	217	248	231	191	102	73,2	76,6	44,6	39,1	39,4	91,4	177
21	414	230	218	186	101	87,2	72,9	44,2	38,5	38	86,2	162
22	632	223	203	188	97,1	90,8	70,3	43,6	37,5	37,7	81,9	155
23	774	216	192	194	94,3	216	68,5	43,9	36,3	39,3	76,8	464
24	704	210	192	203	92,5	306	66,4	46,2	35,7	126	73,6	894
25	579	213	212	225	90,4	259	64,8	44	35,3	270	70,1	1000
26	518	209	211	220	88,6	206	63,4	43,1	33,4	213	67,3	1013
27	468	203	208	204	87,7	180	62,4	42,5	33,2	155	64,9	1002
28	531	200	202	192	96,9	173	60,8	42	33	115	65,4	959
29	536		217	181	106	192	59,7	42,1	32,9	92,4	76,4	808
30	469		269	175	103	233	58,8	43,4	32,9	80,8	82,2	635
31	398		364		97,8		57,5	43,6		70,8		546
Datum	14	28	23	30	26	19	31	28	27	1	2	1
Min	112	196	186	171	86,8	69,8	56,1	41	32,1	32,1	57,4	80,3
Average	288	393	297	337	126	128	109	48	38	67	146	415
Max	787	822	493	806	218	324	236	56,1	43,1	280	372	1033
Datum	23	6	7	3	2	24	1	1	1	25	6	26
2009			Min			Aver			Max			
		27.9.	23,1			199			1033	26.12.		

Srednji dnevni protoci – Kostajnica – rijeka Una – 2010. godina

Istjecanje												
Datum	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	802	196	483	331	181	741	239	115	63,4	229	191	948
2	1086	181	457	319	175	638	203	125	59,3	194	185	1066
3	1136	171	534	295	168	471	175	105	56,2	167	172	1237
4	1016	166	518	269	162	377	156	113	54,2	147	164	1351
5	742	172	548	301	157	313	143	97,8	53	133	151	1230
6	615	279	481	566	152	270	135	94,2	52,6	131	140	927
7	633	400	411	552	146	238	131	109	52,3	124	131	734
8	745	337	364	456	142	209	124	104	52,3	115	126	669
9	991	280	334	382	138	192	117	99,9	55	106	142	625
10	1237	251	313	341	134	177	111	90,9	108	101	263	608
11	1274	232	290	318	129	164	106	83,7	189	97,5	455	547
12	1121	216	268	307	129	154	103	77,9	263	94,3	482	484
13	849	201	258	326	132	144	99,8	74,1	269	90,7	392	423
14	686	188	273	397	157	134	95,2	72,6	224	87,8	329	383
15	575	177	308	496	202	130	91,9	70,1	199	86,4	277	344
16	491	169	328	478	510	131	89,1	67,2	175	88,7	244	315
17	431	166	318	415	805	129	87	64,7	147	95,7	229	294
18	374	177	319	364	717	123	85,5	63,1	125	118	226	279
19	334	345	339	335	551	117	85,3	61,5	195	192	225	260
20	301	810	366	329	439	152	83,3	60,6	496	295	259	238
21	280	1159	384	315	372	256	80,7	59,3	400	297	287	244
22	259	1282	391	297	379	765	79	58,2	285	251	320	287
23	240	1001	419	274	408	966	77	57,3	224	210	568	367
24	226	712	428	255	398	905	76,4	56,5	178	178	811	397
25	210	695	448	242	339	565	77,3	56,1	147	158	808	436
26	199	650	460	229	283	400	76,6	55,4	289	189	593	441
27	192	585	429	216	247	369	75,6	54,6	651	312	517	406
28	183	561	423	208	222	364	74,1	56,2	482	292	458	368
29	176		390	200	206	314	71,6	60	346	248	546	332
30	172		347	190	203	274	77,9	58,6	275	214	870	303
31	193		329		325		102	63,4		198		282
Datum	30	3	13	30	11	19	29	26	7	15	8	20
Min	169	164	246	179	126	112	69,8	53,6	51,2	83,5	123	228
Average	573	420	386	333	281	339	107	77	206	169	352	543
Max	1306	1315	572	603	830	998	261	134	711	324	939	1373
Datum	11	22	5	6	17	23	1	2	27	27	30	4
2010		7.9.	51,2			316			1373	4.12.		

Srednji dnevni protoci – Kostajnica – rijeka Una – 2010. godina

Istjecanje												
Datum	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	261	129	123	211	104	88,4	59,3	59,1	37,9	37,4	61,1	38,1
2	245	124	117	189	105	92,4	61	56	37,4	37,1	56,2	38
3	231	119	114	176	110	96,2	62,6	55,6	36,9	36,6	53,2	37,8
4	216	115	110	165	112	104	58,9	51,9	37,1	36,5	50,6	38
5	205	111	107	165	109	113	58	51,1	37,7	36,3	48,6	38,6
6	190	111	105	182	104	119	57	53,2	37,8	36,2	47,1	42,1
7	181	121	105	181	98,1	117	55,8	54,7	37,9	37,3	47,1	83,6
8	193	146	104	167	94,5	123	54,5	50,8	38,9	40,6	46,9	122
9	205	168	101	159	92,6	132	53,4	50,1	38,6	43,7	46,5	102
10	214	174	101	150	89,8	163	51,4	49,4	37,6	42	46,1	106
11	211	165	103	142	90,6	163	50,9	49,5	37,1	40,8	45,2	99,1
12	205	157	109	132	90,8	142	50,1	49,1	36,5	40,7	44,3	106
13	207	157	120	153	88,7	124	49,5	48,1	36,5	40,5	43,7	141
14	199	157	129	190	85,6	107	49,3	46,4	37	40,1	43,1	242
15	189	152	155	189	84,9	98,4	48,9	44,9	38	40	42,9	274
16	176	152	192	181	95,4	101	48,7	44	37,4	39,2	42,2	246
17	165	162	199	169	187	92,8	48	43,6	37,1	38,5	41,9	277
18	158	198	323	159	224	88	47,3	42,6	37	37,9	41	394
19	155	222	393	153	193	87,3	47,1	41,6	37,4	37,5	40,6	382
20	157	206	350	151	164	86,8	47,7	41,4	39,4	38,6	39,9	302
21	166	192	301	143	150	80,7	48,4	41,1	42,8	42,1	39,9	246
22	161	183	258	134	144	74,3	48,1	40,5	43,8	49,9	39,6	203
23	153	169	227	127	131	69,5	49,1	40,4	46	52,7	39,4	173
24	148	158	203	120	125	67	51,6	39,9	45,2	57,5	39,6	149
25	143	146	189	114	116	65,5	64,9	39,2	41,6	60	39,9	135
26	138	139	181	111	108	63,9	69,9	39	40,1	65,9	39,9	124
27	139	133	174	109	102	62,3	69,1	38,6	39,3	73,9	39,7	118
28	142	127	172	108	100	60,7	62,6	38,7	38,6	90,7	38,5	112
29	141		182	105	96,9	59,2	61,7	38,3	38,1	95,8	37,9	107
30	136		229	103	92,1	58,5	64,1	38,1	37,5	80,7	38,4	103
31	133		232		88,8		59,6	38		69,2		100
Datum	31	5	9	30	14	29	17	31	4	6	28	3
Min	130	108	97	98,8	81,9	57,4	46,5	36,9	34,9	34,9	37,9	36,9
Average	179	153	178	151	115	97	55	46	39	49	44	151
Max	272	225	405	220	238	176	72,7	61,4	46,5	102	64,1	433
Datum	1	19	19	1	18	11	27	1	23	29	1	18
2011			Min			Aver			Max			
		4.9.	34,9			105			433	18.12.		

Srednji dnevni protoci – Dubica – rijeka Una – 2009. godina

Istjecanje												
Datum	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	187	401	216	426	203	102	221	63,9	53	48,1	83,3	106
2	183	352	251	484	222	98,8	215	63	51,9	48,5	77,5	185
3	175	317	280	752	222	124	227	62,3	51,2	47,9	79,4	345
4	167	412	300	826	209	173	222	62	50,7	49,1	107	296
5	159	749	333	829	197	152	189	63,2	50,6	48,5	153	248
6	153	819	412	830	183	132	163	62,8	50,1	47,8	320	216
7	148	726	468	713	173	119	152	63,8	50	47,6	345	188
8	144	655	482	607	164	112	148	63,1	49,6	47,6	317	170
9	139	666	470	515	156	105	134	61,9	49,5	47,8	302	292
10	134	671	484	440	150	99,3	133	60,6	49,4	47,5	271	519
11	129	635	445	384	144	95,8	131	62,6	49,9	50,1	282	433
12	125	698	402	338	139	93,1	123	61,5	49,6	55	323	389
13	122	661	359	302	134	90,5	115	59,8	49,8	62,7	271	437
14	120	575	326	275	131	88,5	107	57,8	50,6	87,3	222	359
15	120	504	300	255	127	87	99,5	57,6	51,2	91,5	186	299
16	128	437	279	235	124	85,1	95,1	56,9	51,4	79,3	162	263
17	135	380	268	218	120	83,7	91,3	56,4	52,7	69,5	147	237
18	129	335	261	208	117	82,1	88,7	55,6	51,7	63,3	133	220
19	130	296	247	202	114	81,2	87,8	55	51,3	58,8	122	204
20	203	263	235	196	113	82,1	83,9	54,5	50,7	55,2	114	194
21	387	240	222	190	111	95	80,8	53,9	50,3	53,1	107	178
22	578	228	210	190	108	99,2	78,4	53,6	49,6	52,3	103	171
23	758	219	199	196	105	190	76,1	53,7	49,6	52,9	96,8	407
24	767	213	195	204	103	307	74,4	55,7	49,6	114	93,2	873
25	670	213	216	227	101	267	72,3	55	49,5	282	89,2	1063
26	600	211	216	226	99,6	215	71	53,4	49,2	242	85,8	1094
27	541	206	212	209	97,7	186	69,8	52,8	49,1	183	83,3	1087
28	569	205	210	197	104	176	68,2	52,5	48,5	141	83,3	1074
29	592		221	189	116	189	67,2	52,2	48,5	116	96,1	967
30	535		267	183	113	233	65,8	53,2	48,4	102	102	809
31	459		350		108		64,9	54,4		90,8		708
Datum	14	28	23	30	26	19	31	28	27	1	2	1
Min	112	196	186	171	86,8	69,8	56,1	41	32,1	32,1	57,4	80,3
Average	288	393	297	337	126	128	109	48	38	67	146	415
Max	787	822	493	806	218	324	236	56,1	43,1	280	372	1033
Datum	23	6	7	3	2	24	1	1	1	25	6	26
2009			Min			Aver			Max			
		27.9.	23,1			199			1033	26.12.		

Srednji dnevni protoci – Dubica – rijeka Una – 2010. godina

Istjecanje												
Datum	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	904	210	653	348	187	767	263	120	69,6	349	204	949
2	1182	193	612	334	178	683	224	136	65,1	295	198	1075
3	1230	183	665	311	171	547	193	119	62,4	238	187	1223
4	1157	179	668	286	164	455	171	120	59,7	189	177	1370
5	905	183	699	295	158	386	158	112	58,4	157	165	1291
6	774	278	646	565	153	325	148	104	57,5	147	154	1053
7	757	417	573	599	148	274	143	127	57	139	146	865
8	847	362	511	522	143	231	136	124	57,1	129	140	802
9	1024	304	463	449	140	206	129	113	63,3	123	151	761
10	1264	272	421	389	136	189	123	104	146	119	253	737
11	1366	253	377	345	133	174	119	95,6	193	118	443	694
12	1244	234	335	323	132	164	115	89,5	267	121	493	651
13	998	219	306	339	134	155	111	84,9	275	118	425	621
14	832	205	308	406	153	146	107	83	230	114	353	592
15	720	194	339	501	190	140	103	80,9	202	110	295	558
16	623	186	360	494	476	139	99,9	77,9	181	108	253	528
17	541	181	365	433	793	140	97,1	75,8	153	114	232	499
18	463	189	371	382	754	133	95,6	73,6	133	136	233	487
19	398	329	393	352	608	126	93,6	72,1	200	205	224	426
20	346	729	426	346	482	157	91,8	71	513	309	254	382
21	308	1141	446	332	398	260	90,5	69,8	472	318	286	351
22	279	1298	458	309	405	767	88,3	68,5	370	273	310	357
23	255	1084	497	288	427	1050	85,8	67,3	317	230	538	418
24	237	865	521	268	419	1027	84,7	66,2	266	199	807	475
25	222	848	517	254	361	695	84,2	65,9	216	178	864	511
26	209	802	496	241	301	475	83,6	65,1	345	201	671	534
27	200	741	459	225	260	415	82,4	64,6	753	329	585	516
28	191	713	444	212	234	398	81,8	65,8	619	318	504	484
29	184		416	205	215	344	79,8	68,7	480	271	557	451
30	181		370	196	211	300	84,2	66,7	406	233	831	415
31	198		348		333		108	69,3		212		375
Datum	30	4	13	30	12	19	29	27	8	16	8	21
Min	180	177	299	191	130	123	79,2	63,7	55,9	106	139	346
Average	646	457	467	352	290	376	119	88	243	197	364	660
Max	1380	1323	711	628	839	1077	282	141	829	376	913	1397
Datum	11	22	5	6	17	23	1	2	27	1	25	4
2010			Min			Aver			Max			
		8.9.	55,9			355			1397	4.12.		

Srednji dnevni protoci – Dubica – rijeka Una – 2011. godina

Istjecanje												
Datum	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	333	139	130	224	116	91	60,2	62,8	39,2	35,3	58,5	35
2	293	135	125	204	117	93,9	61,5	59,3	38,9	35,2	52,7	35
3	258	132	121	188	124	97,6	64,4	58,6	39	35,1	48,9	35
4	230	128	117	178	125	106	61	55,1	37,6	35,2	46,6	35
5	210	126	115	173	122	112	59,5	52,3	38,3	35	44,2	35
6	197	126	113	192	116	121	58,5	54,9	38,3	35	42,9	36,1
7	191	134	113	199	110	118	57,5	58	37,9	35	42,1	57
8	203	154	117	186	104	123	56,2	54	37,9	36,8	42	113
9	214	176	120	177	101	132	54,7	52,2	38,3	39,4	40,9	93,2
10	220	184	122	166	99,4	156	53	50,6	38	38,3	40,9	95,6
11	218	176	123	158	98,7	161	51,6	51,3	37,3	36,6	40,1	90,5
12	211	169	126	148	98,8	142	50,6	50,5	37,1	36,6	39	90,9
13	214	165	136	163	95,8	126	49,9	50,2	37	36,3	38,6	108
14	208	165	147	202	92,7	113	49,1	48,4	37,1	35,7	37,8	216
15	197	161	166	203	89,7	107	48,3	46,9	37,1	35,4	37,8	286
16	185	158	204	194	96,2	112	47,5	45,7	36,9	35,2	37,1	247
17	173	162	211	183	175	104	47,1	45	36,2	35,2	37,3	255
18	166	191	304	174	227	98,2	46,3	44,3	36	35,3	36,3	357
19	161	220	394	168	197	96,1	45,9	43,4	36	35	35,6	369
20	162	210	364	166	169	96,9	46,4	42,6	36,2	35,2	35,1	296
21	172	193	318	160	154	90	47,1	42,6	38,7	36,5	35,2	236
22	168	182	275	152	147	83,6	47,1	42,5	39,7	43,5	35,1	193
23	160	170	240	145	136	77,9	47,5	42,3	41,5	47,3	35,1	163
24	155	159	217	137	130	73,8	50,6	41,9	41,3	52,3	35,1	138
25	150	149	204	130	121	71,1	62,2	41,3	38,4	54,8	35,2	129
26	148	144	195	125	113	69,2	71,2	40,6	37,4	60,5	35	121
27	149	138	185	122	106	67,4	71,3	40,4	36,3	68,6	35	115
28	151	134	181	119	102	65,4	64,5	39,8	35,4	83,4	35	109
29	149		195	118	98,9	62,2	60,8	39,4	35,5	93,2	35	104
30	145		237	116	94,6	60,1	66,8	39	35,2	80,1	35,1	100
31	143		246		90,8		63,9	39,1		67,3		98,5
Datum	31	5	6	30	15	30	18	29	4	1	19	1
Min	141	124	113	114	89,4	59,2	45,5	38,7	35	35	35	35
Average	191	160	189	166	122	101	56	48	38	45	40	142
Max	354	223	400	235	235	165	73,1	63,7	42,6	97,3	62,6	402
Datum	1	19	19	1	18	10	25	1	23	29	1	18
2011			Min			Aver			Max			
		4.9.	35			108			402	18.12.		